

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilních materiálů

Studijní program: Textilní inženýrství M3106

Studijní obor: Textilní materiálové inženýrství

**POPIS GEOMETRIE VAZNÉHO BODU A METODIKY
HODNOCENÍ PŘÍČNÉ DEFORMACE PŘÍZE**

**CHARACTERIZATION OF THE BINDING POINT AND
THE ASSESSMENT METHODOLOGY TRANSVERSE
DEFORMATION OF FABRIC**

KTM: 580

Vedoucí diplomové práce: Ing. Gabriela Krupincová

Konzultant: Ing. Jana Drašarová, Ph.D.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 50

Počet obrázků: 15

Počet tabulek: 4

Počet příloh: 3

Autor:

Liberec 2011

Bc. Lenka Andrejčáková

Na tomto mieste bude vložené zadanie diplomovej práca

Prehlásenie

Bola som oboznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, najmä § 60 – školské dielo.

Beriem na vedomie, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mojich autorských práv použitím mojej diplomové práce pre vnútornú potrebu TUL.

Pri použití diplomovej práce alebo poskytnutí licencie k jej využitiu, som si vedomá povinnosťou informovať o tejto skutočnosti TUL; V tomto prípade má TUL právo odo mňa požadovať úhradu nákladov, ktoré vynaložila na vytvorenie diela, až do ich skutočnej výšky.

Diplomovú prácu som vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry a na základe konzultácií s vedúcim diplomovej práce a konzultantom.

V Liberci dňa 2.5.2011

.....
vlastnoručný podpis

Pod'akovanie

Touto cestou by som chcela pod'akovať vedúcej práce Ing. Gabriele Krupincovej za poskytnutie podkladov, odbornú pomoc, trpezlivosť, cenné rady a pripomienky pri spracovávaní mojej diplomovej práce. Rovnako tak aj konzultantke Ing. Jane Drašarovej, Ph.D za pomoc a rady pri riešení odborných problémov.

Všetkým členom laboratória KTT, ktorí mi boli akokoľvek nápomocní.

V neposlednej rade ďakujem tiež svojim rodičom a blízkym za dlhoročnú podporu a trpezlivosť

Anotácia

Táto diplomová práca sa zaoberá mierou deformácie priadze v tkanine. V prvej časti je popísaná geometria väzbového bodu tkaniny, jej deformácie a metodiky využívané na zistenie tejto deformácie.

V druhej, experimentálnej časti je prevedená samostatná analýza zdeformovania priadzí vo väzbovom bode pomocou dvoch metód. A to, pomocou simulácie väzbového bodu v tkanine a analýzou reálneho rezu tkaniny. Práca obsahuje uskutočnený rozbor jednotlivých deformačných charakteristík pomernej šírky α , pomernej výšky β a sploštenia priadze γ , a porovnanie oboch metód.

Annotation

This diploma thesis deals with the level of yarn deformation in the fabric. The first section describes the geometry of the fabric binding point, its deformation and the methodology used to determine the strain.

The second section includes the experimental part which is transferred to a separate analysis of the yarns deformation in the binding point, using two methods - by simulation of binding point using in the fabric and by analysis of real cut fabrics. This thesis contains an analysis made of individual deformation characteristics of relative width α , relative height β , yarn flattening γ and compare these methods.

Kľúčové slová – Key words

Priadza – yarn

Tkanina – fabric

Priečny rez – cross-section

Deformácia priečneho rezu – cross-section deformation

Väzbový bod - binding point

Simulácia väzbového bodu – binding point simulation

Reálny rez tkaninou – real cut of fabrics

Použité skratky

a	šírka priečneho rezu priadze	[mm]
1	komponenta s nižšou ťažnosťou vlákien	[-]
2	komponenta s vyššou ťažnosťou vlákien	[-]
a ₁	ťažnosť vlákien komponenty 1	[%]
a ₂	ťažnosť vlákien komponenty 2	[%]
a _z	Phrixov zákrutový koeficient	[m ⁻¹ ktex ^{2/3}]
b	výška priečneho rezu priadze	[mm]
CO	bavlna	[-]
D	priemer priadze	[mm]
D _{ef}	efektívny priemer priadze	[mm]
D _o	dostava osnovy	[cm ⁻¹]
D _s	substančný priemer priadze	[mm]
D _ú	dostava útku	[cm ⁻¹]
d _{vl}	ekvivalentný priemer vlákna	[mm]
F	ťahová sila	[N]
f	pevnosť vlákien	[N/tex]
f ₁	pevnosť vlákien s nižšou ťažnosťou	[N/tex]
f ₂	pevnosť vlákien v vyššou ťažnosťou	[N/tex]
F _p	pevnosť priadze	[N/tex]
g ₂	špicatosť výberového rozdelenia	[-]
l	dĺžka priadze	[km]
L _p	obvod kruhu	[m]
L _z	obvod zdeformovaného priečneho rezu priadze	[m]
m	hmotnosť priadze	[g]
m ₁	hmotnosť prvého závažia	[g]
m ₂	hmotnosť druhého závažia	[g]
m ₃	hmotnosť tretieho závažia	[g]
N	normálová sila	[N]
n _{min}	minimálny počet meraní	[-]
P	tlak	[Pa]
PP	polypropylén	[-]

s	smerodatná odchýlka	[-]
S	plocha prierezu priadze	[m ²]
$S_1(\varepsilon)$	ťahová pracovná krivka komponenty 1	[-]
$S_2(\varepsilon)$	ťahová pracovná krivka komponenty 2	[-]
S_p	plocha kruhu	[m ²]
S_z	plocha zdeformovaného priečneho rezu priadze	[m ²]
t	jemnosť vlákien	[tex]
T	jemnosť priadze	[tex]
T_{exp}	experimentálna jemnosť	[tex]
T_m	jemnosť materiálu	[tex]
V	objem vlákenej hmoty priadze	[m ³]
V_c	objem celkový	[m ³]
V_G	geometrický vektor	[-]
V_S	silový vektor	[-]
V_{vl}	objem vlákien	[m ³]
x	jednotlivé namerané dáta	[-]
Z	zákrut priadze	[m ⁻¹]
α	pomerná šírka priečneho rezu priadze	[-]
β	pomerná výška priečneho rezu priadze	[-]
γ	sploštenie priadze	[-]
$\delta^2(s)$	relatívna chyba smerodatnej odchýlky	[-]
$\delta\alpha$	pomerné rozšírenie priečneho rezu priadze	[-]
$\delta\beta$	pomerné stlačenie priečneho rezu priadze	[-]
ε_p	ťažnosť priadze	[%]
ε_{vl}	ťažnosť vlákien	[%]
μ	zaplnenie	[-]
μ_{ef}	efektívne zaplnenie	[-]
π	Ludolfovo číslo	[-]
ρ	merná hmotnosť	[kg m ⁻³]
ρ_{vl}	merná hmotnosť vlákien	[kg m ⁻³]
ω	uhol prekríženia priadze	[°]

Obsah

1. Úvod	10
REŠERŠNÁ ČASŤ	11
2. Základné veličiny popisujúce priadzu	11
3. Geometria väzbového bodu	13
3.1. Deformácia priečného rezu priadze vo väzbovom bode	14
3.1.1. Základné veličiny popisujúce priadzu	16
3.1.2. Geometrický model tkaniny ovplyvňujúci deformáciu väzbového bodu	19
3.1.2.1. Vnútoraná geometria tkanín	20
4. Metodiky hodnotenia priečnej deformácie priadze	22
4.1. Stláčanie medzi dvoma rovnobežnými doskami	22
4.2. Ohýbanie priadze cez valcovú plochu	22
4.3. Simulácia väzbového bodu krížením priadze	23
4.4. Analýza reálneho rezu tkaniny	25
PRAKTICKÁ ČASŤ	26
5. Experiment	26
5.1. Experimentálny materiál	26
5.1.1. Mechanicko – fyzikálne vlastnosti zmesi vlákien	29
5.2. Analýza pomocou simulácie väzbového bodu krížením priadze	30
5.3. Analýza reálneho prierezu tkaniny	35
5.4. Porovnávanie oboch metód	41
6. Záver	44
7. Zoznam použitej literatúry	47
8. Zoznam obrázkov a tabuliek	50

1. Úvod

Predpokladať textilnú geometriu, jej štruktúru a detaily je počas ďalšieho preformovania veľmi podstatné, pretože aj to priamo ovplyvňuje tvar a pevnosť konečného výrobku. Schopnosť deformácie materiálu je obzvlášť dôležitou vlastnosťou, ktorá umožňuje vytvárať z dvojrozmerných polotovarov zložité trojrozmerné tvary [1].

V súčasnosti existuje mnoho prací, kde vedci v priebehu rokov študovali mechanické správanie väzbového bodu v tkanine. Väčšina z nich popisuje modely, ktoré využívajú pôsobenie namáhania (napr. ohybového, tlakového, ťahového a torzného) na zmenu štruktúry, geometrie a vlastností priadzi, čo následne viedlo k tomu, aby sa zjednodušili predpoklady o vlastnostiach priadze a o štruktúre materiálu.

Toto sa stalo dôvodom toho, prečo väčšina modelov predpokladá, že priadza je lineárne pružná, čo samozrejme nie je vždy pravda. Z doterajších experimentov vyplýva, že priadza vo väzbovom bode je aj bez vonkajšieho napätia deformovaná. Preto je vhodné sa zaoberať modelmi, ktoré majú všeobecnejší charakter a môžu sa jednotne používať pre celý rad textilných štruktúr. Model by mal poskytnúť výpočtové algoritmy, ktoré dokážu zvládnuť skutočné vlastnosti priadze, ktorá môže byť lineárna, alebo nelineárna[2].

Cieľom tejto práce je:

- Spracovať rešerši na uvedenú tému.
- Poukázať, že aj model môže verne simulovať priadzu, jej mechanické správanie a rôzne úpravy.
- Stanoviť mieru priečnej deformácie priadze v tkanine pomocou dvoch metód:
 - metodikou simulácie väzbového bodu tkaniny,
 - analýzou deformácie priadzi v reze tkaniny.
- Získané výsledky porovnať a stanoviť prípadný vplyv materiálového zloženia na chovanie textílií v priečnom smere.
- Nájsť mieru zaťaženia, ktorá by korešpondovala s relaxovaným stavom rezu tkaniny a odpovedala minimálnemu zaťaženiu, pri ktorom je možné snímanie materiálu prevádzať.

REŠERŠNÁ ČASŤ

2. Základné veličiny popisujúce priadzu

Priadza sa na základe toho, aké ma vlastnosti využíva najčastejšie na výrobu tkanín, pletenín ale aj iných textilných výrobkov, ako napr. nosná vložka do kompozitných materiálov. Pri popise tkaniny sa považuje za základnú stavebnú jednotku. Aj z tohto dôvodu je veľmi potrebné poznať pojmy, ktoré určujú jej základné parametre a sú dôležité pre popis geometrie ako priadze, tak aj tkaniny [3].

K základným vlastnostiam materiálu, ktorý tvorí priadzu patrí merná hmotnosť ρ_{vl} , jemnosť vlákien t a dĺžka vlákien l . A k základným veličinám popisujúcim priadzu patrí jemnosť priadze T , zákrut priadze Z a priemer priadze D .

Jemnosť priadze

Jemnosť T sa vyjadruje lineárnou hmotnosťou, t.j. hmotnosťou m pripadajúcou na jednotku dĺžky priadze l . Jemnosť tak závisí nielen na objeme vlákennej hmoty priadze V v jednotke dĺžky, ale taktiež na mernej hmotnosti ρ užitého materiálu. Na základe tohto ju môžeme ešte vyjadriť aj pomocou substančnej plochy prierezu priadze S (súčet plôch prierezov všetkých vlákien v reze priadze) a mernej hmotnosti vlákenného materiálu [3], [4].

$$T = \frac{m}{l} \Rightarrow \frac{V \cdot \rho}{l} \Rightarrow \frac{S \cdot l \cdot \rho}{l} \Rightarrow \rho \cdot S. \quad (1)$$

Priemer priadze

Priemer priadze je veľmi dôležitou geometrickou charakteristikou. Zjednodušene si priadzu môžeme predstaviť ako homogénny valec, ktorého priemer vypočítame ako substančný priemer D_s (vlákna sú tu stlačené do homogénneho valca bez vzduchových medzier) [3], [4].

$$D_s = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \Rightarrow \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}}. \quad (2)$$

Ibaže skutočná priadza nie je homogénnym valcom. Medzi vláknami sa nachádzajú vzduchové medzery. Hustota stesnenia vlákien v priereze nie je rovnomerná a smerom k povrchu prechádza spojito do oblasti chlpatosti. Rez priadze nie je celkom

osovo symetrický, preto neexistuje jednotná a jednoznačná definícia priemeru priadze D . Obvykle sa vychádza z priemeru najmenšieho mysleného valca, v ktorom je sústredená buď všetka hmota priadze, alebo aspoň jej podstatná časť [4].

Stesnenie vlákien môžeme vyjadriť pomocou zaplnenia μ . Zaplnenie je veličina vyjadrujúca podiel objemu vlákien V_{vl} pripadajúci na objem celkový V_c , alebo ako podiel substančnej plochy priečného rezu S a celkovej plochy priečného rezu priadze S_c [4].

$$\mu = \frac{V_{vl}}{V_c} = \frac{S}{S_c} . \quad (3)$$

Medzi priemerom priadze D a substančným priemerom D_s platí vo všetkých praktických prípadoch $D > D_s$. Pomer D_s / D je bezrozmernou veličinou, ktorá charakterizuje vzťah priemeru priadze k jej jemnosti. Spravidla sa používa jeho druhá mocnina, t.j. pri použití vzťahu (2) je možné vyjadriť zaplnenie pomocou vzťahu (4) [4].

$$\mu = \frac{D_s^2}{D^2} = \frac{4S}{\pi \cdot D^2} = \frac{4T}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho} . \quad (4)$$

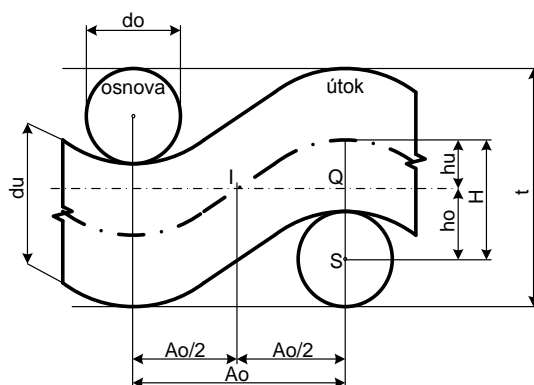
Pre experimentálne zisťovanie stlačiteľnosti priadze zatiaľ nie sú v bežnej praxi zavedené žiadne skúšobné metódy. Lenže keď zvážime význam týchto vlastností napr. pre účelnú konštrukciu tkanín, je požiadavka experimentálneho sledovania celkom oprávnená [4]. Navyše priadza sama o sebe je štruktúra, ktorú tvorí počet vlákien a následné jej správanie pri zaťažovaní a deformácií závisí na mnohých faktoroch [2].

3. Geometria väzbového bodu

Tkanina (aj deformovaná) je lokálne rovinný útvar tvorený dvoma sadami priadzí a to osnovou a útkom [5]. Miesto prekríženia jednej osnovy s jedným útkom sa nazýva ako väzbový bod, väzbová bunka, alebo väzbový prvok. Pri popise geometrie väzbového bodu sa najčastejšie zavádzajú tieto zjednodušené predpoklady (idealizácie) [3], [6]:

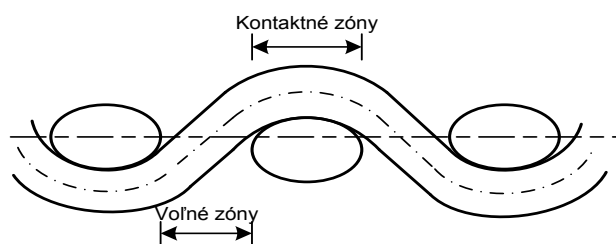
- Priadza je kompaktné teleso s kruhovým prierezom, v miestach väzbových bodov nedochádza k deformácii, a k zhutňovaniu vlákien v priadzi.
- Väzbový bod je sledovaný v hotovej tkanine v ustálenom (relaxovanom) stave.
- Tkanina je vyrovnaná (výška tkaniny je daná súčtom priemerov priadzí).
- Ťažisko jednotlivých kolmých prierezov sa nachádza vždy v strede priadze a je možné definovať neutrálnu osu priadze ako krivku spájajúcu ťažiská všetkých kolmých rezov priadze; takáto myslená osa je totožná s priebehom väznej vlny osnovnej, alebo útkovej priadze v tkanine.
- Inflexné body neutrálnych os všetkých osnovných a útkových priadzí ležia v jednej rovine nazývanej stredná rovina tkaniny.

Je veľmi dôležité, aby geometria zvolenej tkaniny reprezentovala čo najbližšie skutočnú situáciu. Schéma tkaniny plátnovej väzby (schéma väznej vlny), ktorá spĺňa vyššie uvedené podmienky je na obr. 1a. Tu je znázornený priečny rez tkaninou kolmo k osnovným priadzam pomocou Piercovho modelu. Znázornenie pozdĺžneho rezu tkaninou kolmo k útkovým priadzam by bolo prevedené rovnakým spôsobom s odpovedajúcim označením. Model tkaniny môžeme rozdeliť na dve zóny t.j. kontaktné zóny a voľné zóny obr. 1b [2], [3].



A_o ... rozteč osnovných priadzí
 D_o ... dostava osnovy
 A_u ... rozteč útkových priadzí
 D_u ... dostava útku
 d_o ... priemer osnovnej priadze
 d_u ... priemer útkovej priadze
 t ... výška tkaniny
 H ... rozteč os priadzí vo väzbovom bode
 h_o ... výška zvlňenia osnovy
 h_u ... výška zvlňenia útku

a.)



b.)

Obr. 1 a.) Popis väznej vlny – Piercov model [7] b.) znázornenie zón vo väznej vlně [2]

3.1. Deformácia priečneho rezu priadze vo väzbovom bode

Sily spôsobujúce deformáciu väzbového bodu

Pre popis zmien v geometrii priečneho rezu priadze je potrebné poznať veľkosť pôsobiacich síl, ktoré ju deformujú. Môžeme predpokladať, že deformácia priadze (sploštenie, zhustenie, stlačenie) je spôsobené kombináciou namáhania troch síl. Axiálna sila, pôsobiaca v ose priadze. Normálová sila, pôsobiaca kolmo k osi priadze, ktorá spôsobuje sploštenie a stlačenie priadze. A sila vyvozená zákrutom, ktorá bráni rozsypaniu vlákien [3].

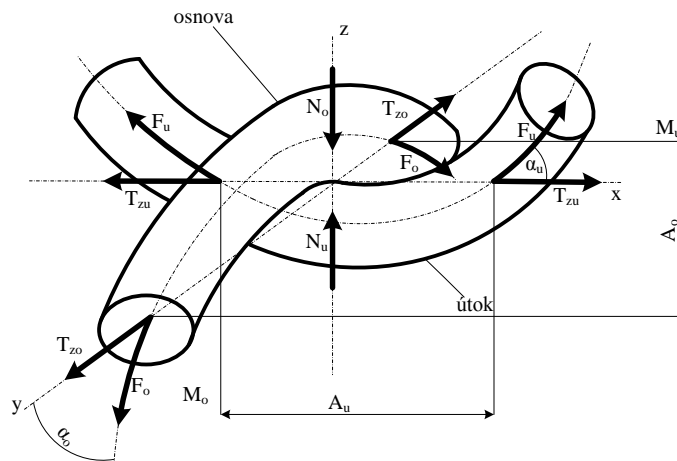
Ako základ k ďalším deformáciám sa berie dvojosé ťahové namáhanie, t.j. zaťaženie tkaniny silami v smeroch sústav priadzí teda v osnove a útku. Konečný stav závisí na vzájomných geometrických pomeroch vo východiskovom stave a na mechanických vlastnostiach ako je napr. tuhosť jednotlivých priadzí [3].

Sily pôsobiace vo väzbovom bode môžeme popísať podľa obr. 2 za nasledujúcich predpokladov, ktoré zjednodušujú vnútornú štruktúru a fyzikálne zákonitosti v tkanine [3].

- Priadza je braná ako jednoduchý útvar textilnej hmoty s určitými deformačnými schopnosťami v ťahu, tlaku a ohybe [3].
- Silové pôsobenie medzi priadzami oboch sústav je v každom väzbovom bode tkaniny rozložené po celej ploche ich vzájomného kontaktu [3].
- Vzhľadom k malej ploche vzájomného kontaktu priadzí vo väzbovom bode tkaniny môžeme za predpokladu, že medzi osnovnými a útkovými priadzami nepôsobia šmykové ani iné trecie sily, vyjadriť silové pôsobenie medzi nimi prostredníctvom jednej sily. Potom si môžeme predstaviť element priadze

v okolí väzbového bodu ako kladku so zanedbateľne malým polomerom pohybujúcim sa bez trenia [8].

- S rastúcou normálovou silou pôsobiacou na plochy kontaktov priadze bude väčšie aj sploštenie priadze vo väzbovom bode, teda závisí na výslednej normálovej sile pôsobiacej na priadzu [3].



Obr. 2 Schéma väzného bodu [8]

Na rozhraní susedných prvkov pôsobí axiálna ťahová sila F . Zložka tejto sily do roviny tkaniny je označená ako T (dotyková zložka). V priadzi taktiež pôsobí ohybový moment M , ktorý na rozhraní susedných prvkov má nulovú hodnotu. V mieste kontaktu oboch priadzí pôsobí normálová sila N , ktorá je v oboch smeroch rovnaká teda $N_o = N_u$ [9].

Je definovaný geometrický vektor podľa [9].

$$\left| V_G \right| = \left| \begin{matrix} A_o & A_u \\ \alpha_o & \alpha_u \end{matrix} \right| = \left| \begin{matrix} \text{dĺžka vlny osnovy a útku deformovanej} \\ \text{uhol zvlnenia (previazania) osnovy a útku} \end{matrix} \right|$$

A vektor silových parametrov podľa [3], [9].

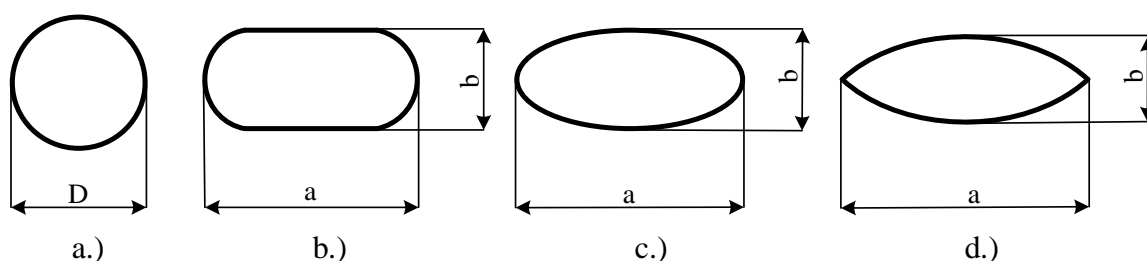
$$\left| V_S \right| = \left| \begin{matrix} F_o & F_u \\ T_{zo} & T_{zu} \\ M_o & M_u \\ N_o & N_u \end{matrix} \right| = \left| \begin{matrix} \text{ťahová sila v strednici osnovnej a útkovej priadzi} \\ \text{zložka ťahovej sily do tkacej roviny (dotyková)} \\ \text{ohybový moment v osnovnej a útkovej priadzi} \\ \text{normálová sila medzi osnovou a útkom} \end{matrix} \right|$$

Pri výrobe plošnej textílie, hlavne tkanín je priadza vystavená namáhaniu, kde je deformovaná. K deformácii dochádza kombináciou pôsobenia rôznych druhov

namáhania, napr. ohybového, torzného, tlakového a ťahového. Tie pôsobia na priadzu a tým dochádza k zmene ich vnútornej štruktúry. Tento typ deformácie vzniká prevažne v miestach kontaktu dvoch priadzí – väzbových bodov tkaniny. Tu často hovoríme o stláčaní a splošťovaní priadze [4], [10].

Podobné deformácie sa uplatňujú vo väzbových bodoch tkaniny, v miestach styku očiek pleteniny, ale taktiež v návinoch priadze na cievkach, pri styku priadzí u skaných nití a pod. [4], [7].

Pre popis deformácie prierezu je definovaná šírka priadze a a výška priadze b . Jeden z modelov deformácie prierehu priadze vychádza zo stláčania priadze medzi dvoma rovnobežnými doskami. V tomto prípade je pôvodne kruhový priereh (obr. 3a) modelovaný ako ohraničený dvoma polkružnicami o priemere b a dvoma úsečkami o dĺžke $a-b$ tzv. kempov oválny priereh (obr. 3b). Tento tvar prierezu priadze býva často zjednodušený na tvar elipsy (obr. 3c), kde dĺžky ich hlavných osí odpovedajú rozmerom a , b (elipsa najčastejšie reprezentuje tvar reálneho prierezu priadze). V prípade vrstvených tkaninových materiálov z multifilu sa uvažuje deformácia prierezu do tvaru šošovky, ktorá je ohraničená dvoma kruhovými úsečkami o určitej krivosti s charakteristickými rozmermi a , b (obr. 3d) [2], [3], [5], [10], [11].



Obr. 3 Možné tvary priečných rezov priadze po deformácii a.) kruh, b.) Kemp (kempov oválny priereh), c.) elipsa, d.) šošovka [11]

3.1.1. Základné veličiny popisujúce priadzu

Základné veličiny pre deformačné charakteristiky:

Priadza východzieho priemeru D sa pôsobením stláčacích síl zdeformuje tak, že obrys jej priečneho rezu má výšku b a šírku a , je prirodzené, že pri hrubých priadzach sú rozmery a , b väčšie než pri priadzach jemnejších [12].

O rozmeroch a , b má zmysel uvažovať predovšetkým vo vzťahu k východzieму priemeru D voľnej priadze. Preto zavádzame:

Pomerná výška priadze

$$\beta = b / D. \quad (5)$$

Pomerná šírka priadze

$$\alpha = a / D. \quad (6)$$

Pomerné stlačenie priadze

$$\delta\beta = (D - b) / D = 1 - \beta. \quad (7)$$

Pomerné rozšírenie priadze

$$\delta\alpha = (a - D) / D = \alpha - 1. \quad (8)$$

Sploštenie priadze

$$\gamma = a / b = \alpha / \beta \geq 1. \quad (9)$$

Pomocou týchto základných veličín môžeme určiť základné tvary zdeformovanej priadze [4], [11].

Plochu zdeformovaného rezu S_z môžeme vyjadriť pre deformácie priečných rezov nasledujúcim spôsobom [10], [11]:

Kemp

$$S_z = \pi \cdot b^2 / 4 + (a - b)b = D^2 [\beta^2 ((\pi / 4) - 1) + \beta]. \quad (10a)$$

Elipsa

$$S_z = \pi \cdot a \cdot b / 4. \quad (10b)$$

Šošovka

$$S_z = \sqrt{a^2 + (4/3)b^2} [(a^2 + b^2) / 4b - a(a^2 - b^2) / 4b]. \quad (10c)$$

Pre obvod zdeformovaného rezu L_z platí:

Kemp

$$L_z = \pi \cdot b + 2(a - b) = D[\beta(\pi - 2) + 2\alpha]. \quad (11a)$$

Elipsa

$$L_z \approx 2\pi\sqrt{(a^2 + b^2) / 2}. \quad (11b)$$

Šošovka

$$L_z \approx 2\sqrt{a^2 + (4/3)b^2}. \quad (11c)$$

Alternatívne geometrické hypotézy:

Pre vyjadrenie vzťahu medzi charakteristikami α a β sú navrhované dve alternatívne hypotézy. Prvá je hypotéza o zachovaní plochy a druhá hypotéza o zachovaní obvodu [4].

Hypotéza o zachovaní plochy

Predpokladá, že plocha prierezu sa stláčaním podstatne nemení. Pri stláčaní sa zvyšuje obvod priadze a kruhový prierez sa zmení na iný tvar. Objem medzivlákných pórov sa nezmení, zaplnenie sa nezmení, alebo poklesne. Plocha pôvodného priečneho rezu priadze sa počíta pomocou známeho vzťahu na výpočet plochy kruhu $S_p = \pi D^2/4$. Podľa tejto hypotézy musí platiť rovnosť $S_p = S_z$ a s použitím vzťahov (10) môžeme vypočítať hypotézy pre jednotlivé typy priečných rezov nasledovne [11]:

Kemp

$$\alpha = [\pi/4 - \beta^2(\pi/4 - 1)]/\beta, \quad (12a)$$

Elipsa

$$\alpha = 1/\beta, \quad (12b)$$

Šošovka

$$\sqrt{\alpha^2 + (4/3)\beta^2}(\alpha^2 + \beta^2) - \alpha(\alpha^2 - \beta^2) - \pi \cdot \beta = 0. \quad (12c)$$

Hypotéza o zachovaní obvodu

Predpokladá, že obvod sa stlačením nemení, plocha prierezu sa znižuje. Dochádza k zväčšeniu zaplnenia, zmenšeniu medzivlákných pórov, zvýšeniu počtu kontaktov medzi vláknami a k deštrukcii pôvodnej štruktúry. Obvod pôvodného prierezu je možné vyjadriť známym vzťahom na výpočet obvodu kruhu $L_p = \pi D$. Podľa tejto hypotézy musí platiť $L_p = L_z$ a s využitím vzťahov (11) môžeme vypočítať hypotézy pre jednotlivé typy priečných rezov nasledovne [11]:

Kemp

$$\alpha = [\pi - \beta(\pi - 2)]/2, \quad (13a)$$

Elipsa

$$\alpha = \sqrt{2 - \beta^2}, \quad (13b)$$

Šošovka

$$\sqrt{(\pi/2)^2 - (4/3)\beta^2}. \quad (13c)$$

3.1.2. Geometrický model tkaniny ovplyvňujúci deformáciu väzbového bodu

Pri deformácii je dôležité poznať nielen silu zaťaženia, ktoré pôsobí na priadzu, respektíve tkaninu, ale aj jeho koncentráciu [13]. Teda je potrebné poznať všetky možné mechanizmy deformácie vrátane predĺženia, ohýbania, strihania a kompresie [2]. Vzhľadom k tomu deformácia prebieha zväčša na kruhových prierezoch priadze, pretože hlavne to dovoľuje zmeniť ich tvar [14]. Geometria priadze sa získava minimalizáciou energie ohýbania a stláčania, ktorá je uložená v osnovných a útkových priadzach väzbového bodu [2].

Najčastejšie sa geometrický model prezentuje na tkanine v plátnovej väzbe (obr. 4a). Mechanické správanie sa priadze sa v textílii prešetruje v jej rôznych častiach [2], [14]. Táto štruktúra sa využíva z toho dôvodu, aby nedochádzalo k chybám pri zložitých výpočtoch a na druhú stranu tým vzniká jednoduché a presné porovnávanie jednotlivých výsledkov [15], [16].

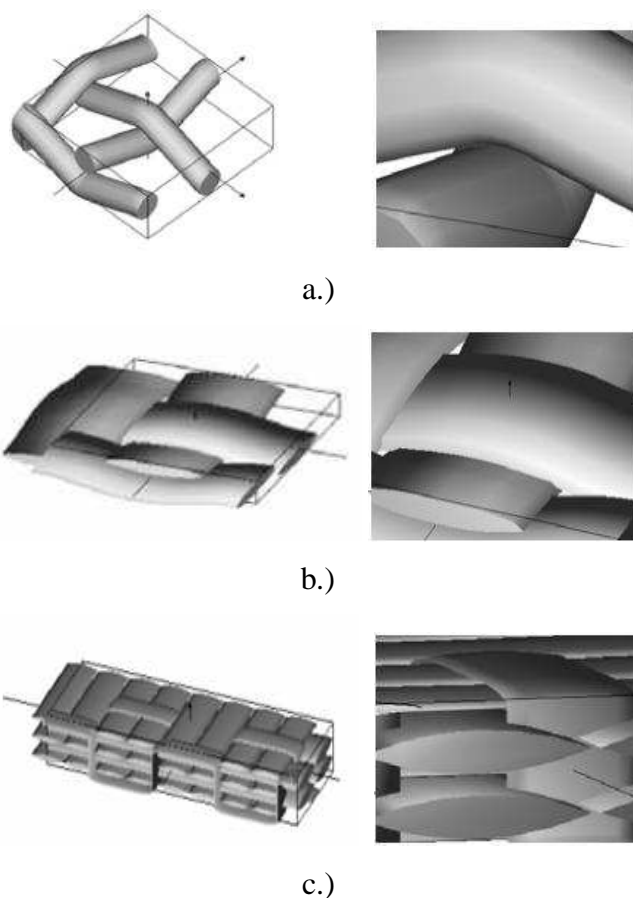
Prakticky zmena prierezovej geometrie priadze sa odohráva preto, že nastáva prerozdeľovanie vlákien vo vnútri priadze (to závisí aj na objeme vlákien a pórovitosti). Z tohto dôvodu je deformácia hlavne závislá na interakcii vlastností vlákien v priadzi a len veľmi málo na module pružnosti materiálu. Pri tkanine predpokladáme, že k zmene pričných rezov dochádza pri styku priadzí, ktoré sa navzájom ovplyvňujú (deformujú). Teda tlak na priadzu vzniká už pri tkaní a to výrazne vplýva na dva dôležité javy t.j. zmena okrajov priadze a rozšírenie priadze. Zmena okrajov vyplýva z odolnosti priadzí v jednom smere a ohýbaní priadzí v druhom smere, a je veľmi dôležitá najmä v rozširujúcich sa oblastiach. Pre konečnú ohybovú pevnosť priadze sa berie do úvahy aj tuhosť v ťahu, ktorá je prevažne vysoká [2], [14], [17].

Geometrický a mechanický model textílie ovplyvňujú tieto parametre [13], [16]:

- zloženie priadze,
- geometria a prierez priadze,
- kompresia, ohýbanie, trenie a ťah,
- obsah vlákien v priadzi,
- vzor tkaniny,
- opakovateľnosť medzier medzi priadzami vo vzore tkaniny a iné.

3.1.2.1. Vnútna geometria tkanín

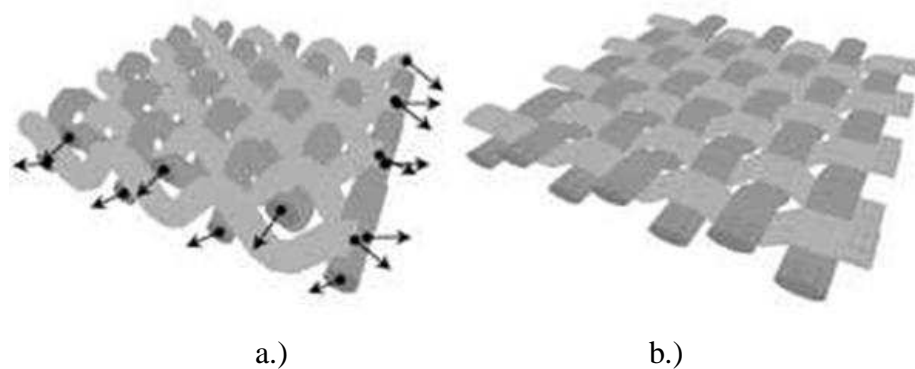
Textilné materiály majú zložitú štruktúru, ktorá je ovplyvnená posunom a stlačením jednotlivých priadzí v tkanine. Vtedy môže dôjsť nielen k rôznym deformáciám, ale aj k prenikaniu kontaktných povrchov priadzí do seba. Tieto faktory sa mení v závislosti na percente iných vonkajších vplyvov, ako je ťah, tlak atď., aj z tohto dôvodu je potrebné poznať geometrickú štruktúru tkaniny [2], [17], [18].



Obr. 4 Druhy tkanín, názorné usporiadanie a deformácia priadzí v tkanine [17] a.)
ideálne priadze kruhového prierezu b.) veľmi ploché priadze po určitom zaťažení c.)
husto tkaná viacvrstvá tkanina

V prvom prípade (obr. 4a) je tkanina z ideálne kruhových priadzí bez akéhokoľvek namáhania (tento stav platí ako všeobecný predpoklad pre zisťovanie ďalších deformácií). V druhom prípade (obr. 4b) je znázornená tkanina po namáhaní s určitým zaťažením. Nastáva deformácia priadze. Tu sa priadza po zaťažení „rozmiestni“ do voľných priestorov medzi väzbovými bodmi. V poslednom prípade

(obr.4c) ide o husto tkané viacvrstvé tkaniny, ktoré sa najčastejšie používajú v kompozitných materiáloch. Tu dochádza k deformácií a zároveň taktiež k malému prenikaniu povrchov kontaktných priadzi.



Obr. 5 Časť tkaniny [14] a.) znázornené smery počiatočného zaťaženia b.) zdeformovaná tkanina a priadze v nej

Z obrázkov je viditeľné, že nielen tvar priadze, ale aj štruktúra tkaniny ovplyvňuje ich deformáciu. Podľa použitia záťaže môže dochádzať k deformovaniu v pozdĺžnom a priečnom smere (obr. 5). Pozdĺžna deformácia je založená na fyzikálnych vlastnostiach materiálu a priečna sa hodnotí geometricky. Predpokladáme že tvar prierezu priadze sa môže výrazne zmeniť z takmer kruhového na eliptický, až kým nedosiahne svoje prahové hodnoty. Táto sila, ktorá spôsobuje zmenu tvaru prierezu je veľmi malá. Môžeme predpokladať, že záťažové sily spôsobujú deformáciu tkaniny, priadze, ale taktiež môžu ovplyvniť aj vlákna. Preto je jedným zo zjednodušujúcich predpokladov modelového riešenia zanedbanie tejto vlákennej deformácie [14].

4. Metodiky hodnotenia priečnej deformácie priadze

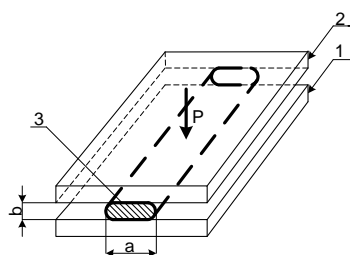
Na stanovenie priečnej stlačiteľnosti priadze sú využívané 4 metódy [19]:

- Stláčanie medzi dvoma rovnobežnými doskami – základná metóda.
- Ohýbanie priadze cez valcovú plochu – priblíženie k reálnemu stavu.
- Simulácia väzbového bodu krížením priadzí.
- Analýza reálneho prierezu tkanín.

Posledné dve metódy budú použité v tejto práci pri stanovovaní priečnej stlačiteľnosti priadzí.

4.1. Stláčanie medzi dvoma rovnobežnými doskami

Je základnou metódou, ktorá je založená na princípe stláčania priadze medzi dvoma tuhými rovnobežnými doskami (obr. 6). Medzi spodnú (podložnú) dosku 1 a hornú (pritlačnú) dosku 2 je umiestnená priadza 3. Horná doska sa pritláča k spodnej definovaným tlakom P , ktorý spôsobuje deformáciu skúmanej priadze. Pôvodne kruhový prierez priadze sa preformuje do tvaru znázorneného na obr. 6. Pri deformácii priadze touto metódou vychádzame z priemeru priadze D a charakteristických rozmerov stlačenej priadze – výšky priadze b a šírky a [4], [12], [20]. V tomto prípade sa pôvodne kruhový priečný rez deformuje na tvar tzv. kempového prierezu (obr. 3b).



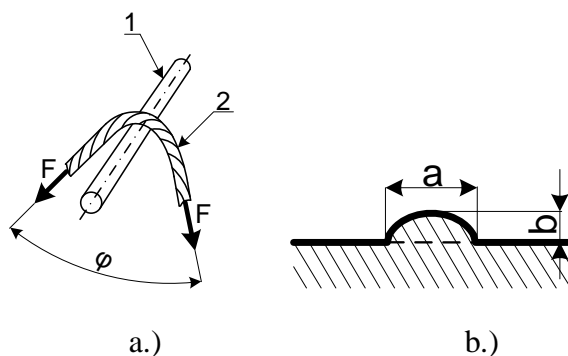
- a, b ... charakteristické rozmery
- P ... tlak pôsobiaci na priadzu
- 1, 2 ... tuhé rovnobežné dosky
- 3 ... tvar deformovaného prierezu priadze

Obr. 6 Stláčanie priadze medzi tuhými rovnobežnými doskami [4], [20].

4.2. Ohýbanie priadze cez valcovú plochu

Metóda, ktorá sa svojím charakterom blíži reálnym pomerom v tkanine, namáha priadzu zložitejším spôsobom. Jej schéma je znázornená na obr. 7a. Priadza 2 je

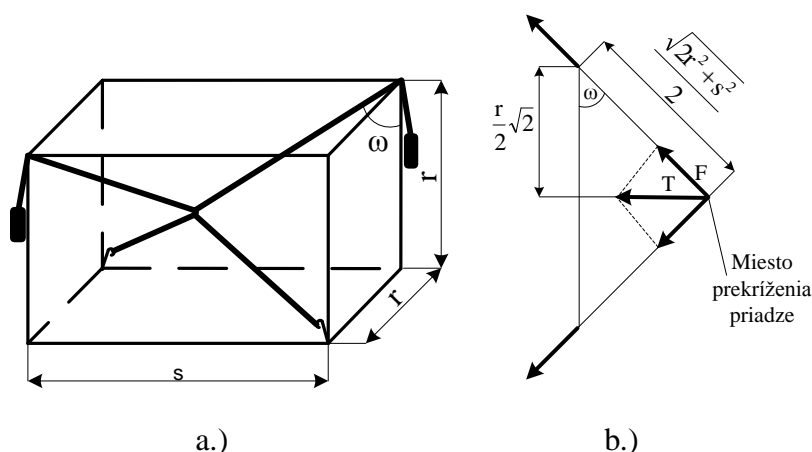
tu „obtočená“ pod uhlom φ okolo tuhej valcovej plochy 1 definovaného pomeru a zaťažaná osovými silami F . V mieste styku priadze s valcovou plochou vznikajú ohybové a ťahové deformácie, ale súčasne tiež dochádza k značnému stlačeniu a splošteniu. Pri deformácií v tomto prípade môžeme určiť výšku priadze b a šírku priadze a obr. 7b [4], [12].



Obr. 7 Deformácia priadze pri ohybe cez zaoblenú hranu – jednotlivé pohľady [4]

4.3. Simulácia väzbového bodu krížením priadze

Simulácia sploštenia priadze vo väzbovom bode je prevádzaná pomocou prípravku, ktorý bol navrhnutý v práci [8] a nazýva sa „duté teleso“, alebo „dutý hranol“ (obr. 8). Pomocou tohto prípravku sa simuluje skutočný stav väzbového bodu v tkanine [3], [21].



Obr. 8 a.) Zjednodušený náčrt dutého telesa b.) detail simulácie [8]

Snímanie (obr. 9) je prevádzané nasledovne. Na podložku makroskopu je umiestnené duté teleso tvaru pravouhlého hranolu. Duté teleso ma na oboch

protiľahlých stranách hornej základne umiestnené malé kladky, ktoré sa pohybujú so zanedbateľným trením. V dvoch protiľahlých rohoch na dolnej základni hranolu sú upevnené priadze, vedené voľnými koncami cez kladky. Na ich konci sú zavesené malé závažia. Dôležité je, dbať na to, aby sa priadza prekrížila presne v geometrickom strede hranolu (obr. 12b). Keď zanedbáme hrúbku priadze, potom ich neutrálne osy majú smer telesných uhlopriečok hranolu. Vtedy obe priadze ležia v navzájom kolmých rovinách [3], [8].

Nad dutým telesom sa nachádza makroskop, ktorý je vybavený kamerou prepojenou s počítačom. Pre snímanie je dôležité rovnomerné osvetlenie, čo je zabezpečené laboratórnym zariadením, ktoré v tesnej blízkosti osvetľuje simulovaný väzbový bod, čím je dosiahnutá dobrá zreteľnosť snímku. Snímky sú zobrazované pomocou programu NIS Elements, a následne je na nich možné prevádzať ďalšie samostatné merania.



Obr. 9 Snímanie väzbového bodu pomocou makroskopu prepojeného na PC

Sily spôsobené váhou závažia sa prenášajú cez kladky. Predpokladáme, že šmykové trenie pôsobiace medzi priadzami v mieste ich vzájomného prekríženia a v mieste prechodu priadzí cez kladky je zanedbateľne malé. Vtedy sa prakticky bez zmeny prenesú aj do časti priadzí pod miestom kríženia. Silové a geometrické pomery u oboch priadzí sú rovnaké [3], [8].

Pre ťahovú silu F v strede priadze v mieste prekríženia môžeme určiť normálovú silu [8]

$$N = \frac{2F \cdot s}{\sqrt{2r^2 + s^2}} \quad (14)$$

Pre uhol prekríženia priadze platí [8]

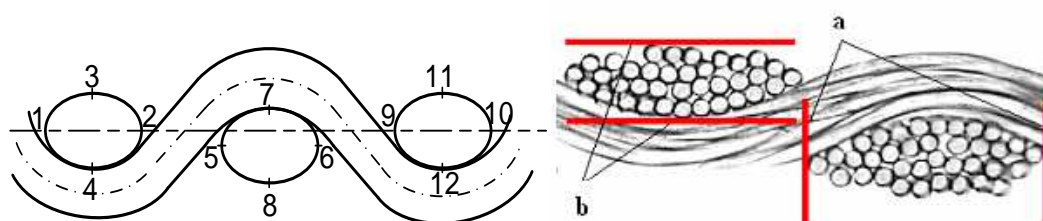
$$\omega = \arccos \frac{\sqrt{2} \cdot r}{\sqrt{2r^2 + s^2}} \quad (15)$$

4.4. Analýza reálneho rezu tkaniny

Tkaniny, ako špeciálne textilné vlákenné útvary, ktoré vznikajú vzájomným previazaním dvoch (nebo viaceru) sústav priadzí majú bohaté hierarchické vnútorné usporiadanie [21].

Znalosť súvislostí medzi vnútornou štruktúrou (konštrukciou) a výslednými užitnými vlastnosťami je podmienkou pre projektovanie tkanín požadovaných vlastností [21].

K zisťovaniu geometrických parametrov štruktúry tkaniny boli okrem štandardných normovaných metód použité metódy priameho skúmania vnútornej štruktúry tkaniny pomocou analýzy rezov tkaniny. Táto metóda sa využíva pre reálne zobrazenie a nameranie deformácie priadze. Rezy priadze sa vytvárajú podľa IN 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby priečných rezov. Mäkké a tvrdé rezy [22]. A následne sa tieto rezy tkanín pomocou obrazovej analýzy premeriavajú (obr. 10). Snímajú sa charakteristické body 1 až 12, ktoré sú „krajovými“ bodmi priečných rezov priadzí. V niektorých prípadoch sa môžu zdať takto namerané hodnoty nepresné, ale opak je pravdou [3], [8], [21].



Obr. 10 Merané hodnoty [8], [21].

PRAKTICKÁ ČASŤ

5. Experiment

Cieľ experimentu:

- Namerať stlačiteľnosť priadze v tkanine pomocou dvoch metód:
 - a.) simuláciou väzbového bodu krížením priadze,
 - b.) pomocou merania reálneho rezu tkaniny.
- Porovnať obe metódy, graficky a slovne ich vyhodnotiť a následne nájsť mieru zaťaženia, ktorá by korešpondovala s relaxovaným stavom rezu tkaniny.
- Posúdiť rozsah vplyvu jednotlivých vybraných faktorov t.j. materiálové zloženie použitých priadzí, dostava útku tkaniny, smer posudzovania tkaniny (osnova, útok), veľkosť zaťaženia a typ použitej metódy na deformovateľnosť priadze.

5.1. Experimentálny materiál

Pri vyhodnocovaní experimentu je veľmi dôležité identifikovať materiál, ktorý je určený pre samotné meranie.

Pre vlastnú definíciu materiálu je potrebné poznať základné geometrické a mechanicko-fyzikálne vlastnosti vlákien. Ibaže toto meranie je časovo náročné a tieto hodnoty už boli predtým namerané, preto boli v tejto práci prevzaté z interných materiálov KTT [23].

Pre výrobu priadzí bola použitá vlákenná surovina (CO a PP), ktorá je popísaná v tab. 1 z hľadiska jemnosti a mechanicko-fyzikálnych parametrov. Všetky priadze sú o rovnakých jemnostiach a to 29,5 tex, pradené s obvyklou zákrutovou mierou. Phrixov zákrutový koeficient bol volený s ohľadom na výrobné možnosti a optimálna hodnota odpovedala hodnote $60 \text{ m}^{-1} \text{ktex}^{2/3}$. Len u priadzí s materiálovým zložením 35%CO/65%PP a 100%PP sa nepodarilo takýto typ priadzí vyrobiť a zákrutový koeficient bolo nutné v prvom prípade zvýšiť a v druhom znížiť.

Jednotlivé vzorky vlákien boli pred vlastným meraním klimatizované podľa ČSN 80 0061 Klimatizovanie textilných surovín, polotovarov a výrobkov [24].

Tab. 1 Základné vlastnosti vlákien

		CO	PP
ρ_{vl}	[kgm ⁻³]	1520	910
t	[tex]	0,171	0,188
		(0,158;0,183)	(0,180;0,101)
d	[mm]	0,012	0,016
f	[N/tex]	0,298	0,402
		(0,266;0,331)	(0,394;0,411)
ϵ_{vl}	[%]	9,162	63,346
		(8,232;10,092)	(58,211;68,481)

Testovanie jemnosti vlákien bolo prevedené rezonančnou metódou s využitím prístroja Vibroskop podľa ČSN EN ISO 1973 Textilné vlákna – Zisťovanie dĺžkovej hmotnosti – Gravimetrická a vibroskopická metóda. Princíp hodnotenia je založený na tom, že vlákno je upnuté do horných čeľustí, ktoré sú spojené s generátorom kmitov. Posunom dolných čeľustí, ktoré sú spojené so snímačom kmitov sa hľadá uzlový bod kmitajúceho vlákna. Po nájdení uzlového bodu je rozkmit vlákna najväčší a dĺžka vlákna odpovedá $1/2\lambda$ pre výpočet rezonančnej frekvencie. Podľa normy je možné túto metodiku použiť v prípade, pokiaľ je rozdiel medzi hodnotami jemnosti vlákien zisťovaný gravimetricky a vibroskopicky väčší než $\pm 3\%$ [25].

Následne pevnosť a ťažnosť bola hodnotená s využitím prístroja Vibrodyn podľa ČSN EN ISO 5079: Textílie – Vlákna – Zisťovanie pevnosti a ťažnosti jednotlivých vlákien pri pretrhu. Pri skúšaní mechanických vlastností ide väčšinou o zistenie medze pevnosti, kedy sú jednotlivé vlákna zaťažované až do pretrhu vzorky. Pre zaistenie zhodných testovacích podmienok, vyrovnanie vlákien je nutné použiť predpätie [26].

Všetky priemerné hodnoty jemnosti, pomernej pevnosti a ťažnosti vlákien sú uvedené spolu s konfidenčnými intervalmi v tab. 1.

V druhom rade je potrebné určiť základné vlastností priadzí. Podrobnejšie informácie parametrov použitých priadzí sú uvedené v tab.2. Rovnako ako pri vláknach, tak aj u priadzí je potrebné poznať základné parametre geometrických a mechanicko-fyzikálnych vlastností priadzí. Keďže aj toto meranie je časovo náročné a už predtým bolo uskutočnené, z tohto dôvodu aj tieto hodnoty boli prevzaté z interných materiálov KTT [23].

Tab. 2 Základné vlastnosti sledovanej priadze

		100% CO	35%CO 65% PP	50%CO 50%PP	35%CO 65%PP	100%PP
T_m	[tex]	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
ρ_{vl}	[kg.m ⁻³]	1520	1231	1215	1059	910
a_z	[ktex ^{2/3} .m ⁻¹]	60	60	60	61	57
T_{exp}	[tex]	30,15	30,11	29,53	29,035	28,88
		(29,72;30,57)	(29,95; 30,27)	(28,00;31,05)	(27,13; 30,94)	(27,92;29,84)
Z	[m ⁻¹]	625	632	621	643	601
		(616;633)	(624; 639)	(615;626)	(637; 648)	(593;610)
D_{ef}	[mm]	0,217	0,236	0,233	0,253	0,262
		(0,207;0,227)	(0,208; 0,290)	(0,209;0,258)	(0,227; 0,280)	(0,235;0,290)
μ_{ef}	[-]	0,467	0,403	0,467	0,415	0,517
		(0,449;0,486)	(0,385; 0,421)	(0,449;0,486)	(0,397; 0,433)	(0,496;0,537)
F_p	[N/tex]	0,169	0,064	0,063	0,072	0,121
		(0,164; 0,173)	(0,050; 0,078)	(0,052; 0,073)	(0,059; 0,086)	(0,099; 0,142)
ε_p	[%]	5,53	7,43	8,8	17,9	24,9
		(5,42; 5,64)	(7,29; 7,56)	(8,44; 9,17)	(16,87; 18,94)	(24,11; 25,69)

Jemnosť priadze bola meraná podľa ČSN EN 2060 Textilie - Nite na návinoch - Zisťovanie jemnosti (dĺžkovej hmotnosti) pásmovou metódou [27] a zákrut priadzí podľa ČSN EN ISO 2061 Textilie – Zisťovanie zákrutu nití – Metóda priameho počítania [28]. Efektívny priemer priadze je stanovený podľa normy IN 12-108-01/01 Definície. Geometrické vlastnosti staplových priadzí [29] a efektívne zaplnenie je stanovené podľa IN 22-103-01/01 Zaplnenie priadze. Priama metóda a metóda Secant [30]. Pevnosť a ťažnosť bola meraná na prístroji Instron podľa ČSN-EN-ISO-2062 Textilie. Nite na návinoch – zisťovanie pevnosti a ťažnosti jednotlivých nití pri pretrhu [31]. Pevnosť a ťažnosť bola zistená pri štandardnej upínacej dĺžke 500mm s predpätím, ktoré bolo stanovené s ohľadom na jemnosť priadze.

Všetky priemerné hodnoty jemnosti, zákrutu, efektívneho priemeru, efektívneho zaplnenia, pomernej pevnosti a ťažnosti priadze spolu s konfidenčnými intervalmi sú uvedené v tab. 2.

Rovnako aj v poslednom prípade je potrebné poznať základné parametre geometrických a mechanicko-fyzikálnych vlastností tkanín. Keďže aj toto meranie je časovo náročné a predtým už bolo uskutočnené, taktiež aj tieto hodnoty boli prevzaté z interných materiálov KTT [23].

Tab. 3 Základné vlastnosti sledovaných tkanín

		100% CO			65%CO 35%PP			50%CO 50%PP			35%CO 65%PP			100%PP		
T_m	[tex]	29,5			29,5			29,5			29,5			29,5		
D_ú	[cm ⁻¹]	8,8	13	17	8,8	13	17	8,8	13	17	8,8	13	17	8,8	13	17
D_o	[cm ⁻¹]	22,5	22,5	23,5	23,0	23,5	23,5	22,5	23,0	23,0	22,5	23,0	23,5	22,0	22,5	23

Dostava osnovy D_o a dostava útku D_u bola určená podľa normy ČSN EN 1049-2 Tkaniny. Konštrukcia. Metódy analýzy. Časť 2: Stanovenie dostavy [32]. Jej priemerné hodnoty sú uvedené v tab. 3.

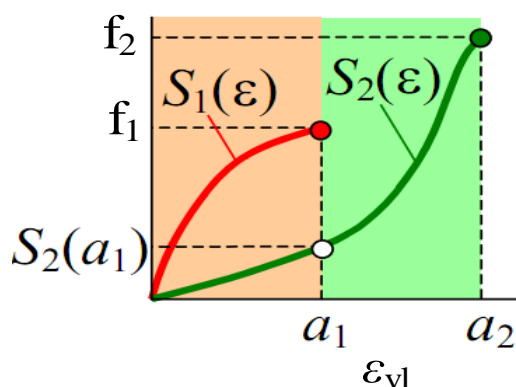
5.1.1. Mechanicko – fyzikálne vlastnosti zmesi vlákien

Mechanicko fyzikálne vlastnosti zmesí vlákien sú teoreticky spracované v lineárnej teórii miesenia podľa W. J. Hamburgera [33].

Za predpokladu, že zväzok vlákien je zmesou dvoch vlákenných komponent a vlákna jednej komponenty majú zhodnú jemnosť, rovnakú ťahovú krivku a rovnakú pevnosť a ťažnosť môžeme túto teóriu používať pre nájdenie závislosti medzi pevnosťou a materiálovým zložením zmesi.

S použitím konvencie, že komponenta s nižšou ťažnosťou vlákien je označená indexom „1“, komponenta s vyššou ťažnosťou vlákien je označená indexom „2“, môžeme odčítať nasledujúce parametre z ťahových pracovných kriviek, ktoré sú popísané závislosťou $S_1(\varepsilon)$, $S_2(\varepsilon)$:

- pevnosť vlákna s nižšou ťažnosťou f_1 (CO = 0,298 [N/tex]),
- pevnosť vlákna s vyššou ťažnosťou f_2 (PP = 0,402 [N/tex]),
- hodnotu sily vo vlákne 2. komponenty (komponenta s vyššou ťažnosťou (PP)) pri pomernom predĺžení odpovedajúcom ťažnosti komponenty 1. (CO) $S_2(a_1)$ vid'. obr. 11.



Obr. 11 Ťahové pracovné krivky vlákien pre znázornenie teórie W. J. Hamburgera

5.2. Analýza pomocou simulácie väzbového bodu krížením priadze

Základom bolo vytvoriť snímky simulovaného väzbového bodu pre ďalšiu analýzu. Snímky sa vyhotovili presne podľa postupu, ktorý je popísaný v kapitole 4.3. Pre experiment boli vybrané priadze s rôznym vlákenným zložením, popísané v tab. 2 a to:

- 100% CO - surovina AI,
- 65%CO 35%PP,
- 50%CO 50%PP,
- 35%CO 65%PP,
- 100% PP.

Predpoklady experimentu:

Pôsobením vonkajšej sily dochádza k deformácií priadze, ktorá je daná čiastočným preusporiadaním vlákien v priadzi vid'. kapitola 3.1.2. Je možné sa domnievať, že vplyv materiálového zloženia na výslednú deformáciu priadze bude významný.

Pri hmotnostnom zmesovaní sa v priereze priadze 50%CO/50%PP nachádza väčší počet PP vlákien a môžeme teda predpokladať, že chovanie týchto priadzí bude veľmi blízke chovaniu priadzi zo 100%PP. Je taktiež možné predpokladať, že zhodne ako v lineárnej teórii miesenia (kapitola 5.1.1.) aj v tomto prípade existuje kritický zmesový pomer CO/PP vlákien. Priadza vyrobená s kritickým zmesovým podielom,

alebo podielom blízkym tejto hodnote bude s najväčšou pravdepodobnosťou vykazovať odlišné deformačné charakteristiky a hodnoty sledovaných ukazovateľov budú výrazne odlišné od ostatných priadzí.

Na druhú stranu pri vychádzaní z informácie, že použité priadze majú zhodnú jemnosť a sú vyrobené s optimálnym zhodným zákrutovým koeficientom je možné predpokladať, že sa budú aj zhodne chovať a rozdiely medzi veľkosťou deformácie spôsobenou zhodnou zaťažovacou silou nebudú významné.

Ďalší dôležitý predpoklad závisí od veľkosti použitého zaťaženia. Tu predpokladáme, že čím sa bude zvyšovať veľkosť zaťaženia, tým bude vznikať väčšia deformácia prierezu, keďže na priadzu je vyvíjaná vyššia sila.

Podmienky snímania

- rozlíšenie obrazu 752×560 ,
- kalibrácia $2,23 \mu\text{m}/\text{px}$,
- počet všetkých spracovaných snímkou – 1500 (pohľadov na voľné a stlačené úseky priadze).

Pri snímaní bola vytvorená simulácia väzbového bodu obr. 13, pomocou dutého telesa obr. 12, na ktorom sa následne pomocou obrazovej analýzy v programe NIS Elements namerala šírka samostatného simulovaného väzbového bodu obr. 14.

Podmienky zaťažovania

Dva úseky priadze v testovacej zóne. Veľkosť zaťaženia prevedená v troch variantách $m_1 = 1,832\text{g}$, $m_2 = 6,832\text{g}$, $m_3 = 11,832\text{g}$. Teda 100 snímkou so zaťažením $1,832\text{g}$, 100 snímkou so zaťažením $6,832\text{g}$ a 100 snímkou so zaťažením $11,832\text{g}$ pre každý druh priadze.

Z týchto hmotností m_1 , m_2 , m_3 boli zistené ťahové sily F_1 , F_2 , F_3 a následne dosadené do vzťahu (14), pomocou ktorého sú spočítané normálové sily N_1 , N_2 , N_3 uvedené v tab. 4. Rovnako tak bol podľa vzťahu (15) vypočítaný aj uhol prekríženia priadze ω . Ako je uvedené v tabuľke, normálové sily N_1 , N_2 , N_3 a uhol ω sú pre každý materiál rovnaké.

Tab. 4 Vypočítané normálové sily

		100% CO	65%CO 35%PP	50%CO 50%PP	35%CO 65%PP	100%PP
N_1	[N]	0,0184	0,0184	0,0184	0,0184	0,0184
N_2	[N]	0,0687	0,0687	0,0687	0,0687	0,0687
N_3	[N]	0,1189	0,1189	0,1189	0,1189	0,1189
ω	[°]	59	59	59	59	59

Metóda hodnotenia priechnej stlačiteľnosti priadze simuláciou väzbového bodu nie je zatiaľ normovaná a to ani pomocou IN. Pre prvé meranie a návrh postupu hodnotenia pomocou metódy simulovaného väzbového bodu boli využívané jednotlivé informácie uvedené v metodike IN 32-204-01/01 Stanovenie priechnej stlačiteľnosti priadze [11]. Pre stanovenie minimálneho počtu meraní bolo najprv vytvorených 50 snímok simulovaného väzbového bodu pre všetky sledované priadze. Potom boli snímky vyhodnotené a nato bola prevedená analýza výstupných dát z hľadiska overenia nezávislosti, homogenity, normality a základných štatistických ukazovateľov (stredná hodnota, rozptyl, smerodatná odchýlka, variačný koeficient, šikmosť a špicatosť) pomocou QC Expertu. Podľa vzťahu (16) bol následne určený minimálny rozsah výberu s tým, že relatívna chyba smerodatnej odchýlky $\delta^2(s)$ bola volená 0,1. Týmto bolo zistené, že počet meraní nie je postačujúci pre niektoré typy priadzí a preto sa počet navýšil na 100, kde bola znova prevedená analýza dát, na ktorých sa zistilo, že tento počet už vyhovuje pre jednotlivé priadze.

Výpočet minimálneho počtu meraní [34]:

$$n_{\min} = \frac{g_2(x) - 1}{4\delta^2(s)} + 1 \quad (16)$$

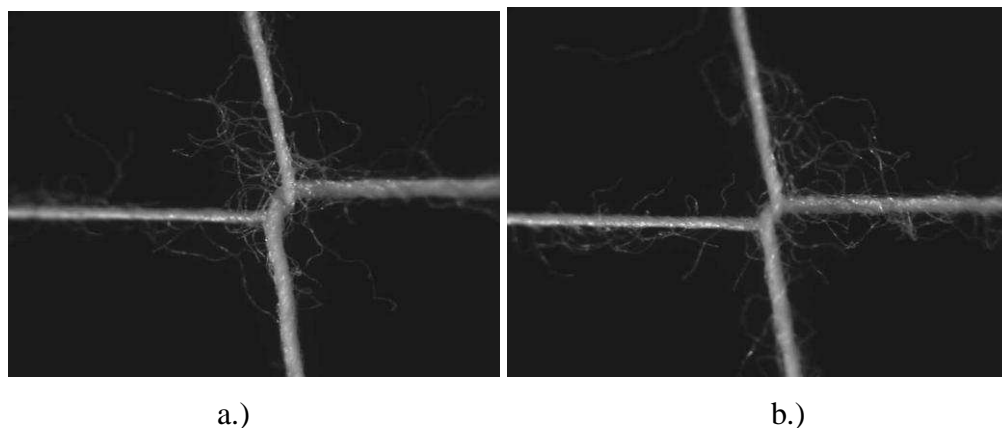


a.)

b.)

Obr. 12 a.) duté teleso b.) použité duté teleso s navedenými priadzami

Simulovaný väzbový bod na úseku priadze 100% PP jemnosti 29,5 tex pri rôznych zaťaženiach je zobrazený na obr. 13.

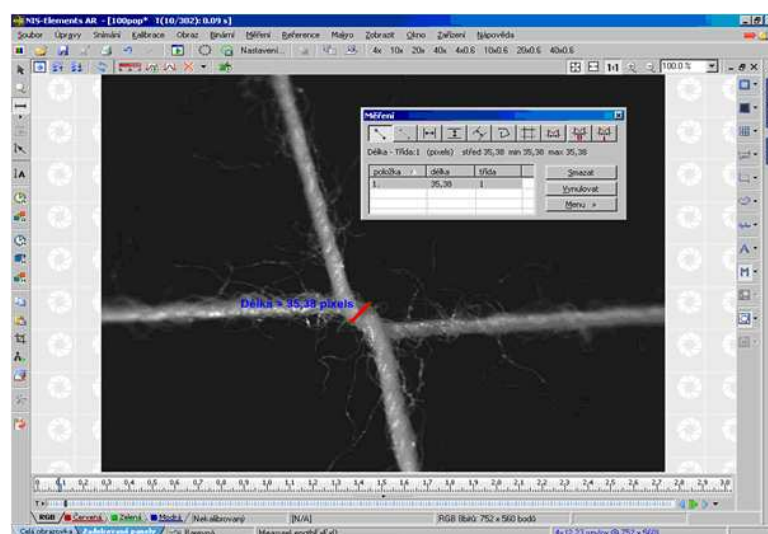


Obr. 13 Simulovaný väzbový bod na úseku priadze 100% PP o jemnosti 29,5 tex
a.) zaťažený $m_1 = 1,832\text{g}$ - $N_1 = 0,0184\text{N}$ b.) zaťažený $m_3 = 11,832\text{g}$ - $N_3 = 0,1189\text{N}$

Podmienky merania

Meranie, spracovanie a vyhodnocovanie získaných pohľadov na simulovaný väzbový bod bolo prevádzané na PC v laboratóriu FT TUL v programe NIS Elements.

Pri meraní bol braný do úvahy predpoklad, že väzbový bod je tvorený dvoma priadzami s rovnakým priemerom D . Ak vychádzame z tohto predpokladu, je možné merať celý simulovaný väzbový bod naprieč (br. 14) následne ho rozdeliť na dve rovnako veľké polovice. Tým sa získava hodnota b priečneho rezu priadze simulovaného väzbového bodu.



a.)



b.)

Obr. 14 Meranie priečnej stlačiteľnosti 100% PP pri zaťažení $m_2 = 6,832\text{g}$ b.) detailný pohľad na meranie

Keď vychádzame z vyššie uvedeného predpokladu, že simulovaný väzbový bod tvorí výška priadze 2b, môžeme zo vzorca (5) vypočítať hodnoty β . Výsledky meraní aj s konfidenčnými intervalmi sú uvedené v tab. 1 príloha 1. a graficky zobrazené na obr. 1. príloha 2. Vyhodnotením výsledkov je možné získať predstavu o veľkosti priečnej deformácie priadze, resp. charakteristiky β . V dôsledku spracovania dát môžeme analyzovať závislosť podielu PP na β pri rôznych zaťaženiach materiálu.

Namerané a vypočítané dáta boli štatisticky testované a spracované pomocou programu QC Expert s cieľom overiť, nezávislosť, homogenitu a normalitu získaných hodnôt.

Diskusia:

Z grafu na obr. 1 príloha 2. môžeme vyvodit', že najviac sa deformujú priadze s rovnakým percentom CO a PP, teda priadze 50%CO/50%PP. Najmenšiu pričnú stlačiteľnosť majú priadze 65%CO/35%PP. V tomto prípade je viditeľné aj to, že priadze 35%CO/65%PP majú veľmi podobné deformačné charakteristiky, pretože ich konfidenčné intervaly sa v oboch prípadoch pri N_1 a N_2 prekrývajú. Identickým spôsobom sa správajú suroviny 100% CO a 100% PP, majú veľmi podobné deformačné charakteristiky, ibaže v tomto prípade sa prekrývajú konfidenčné intervaly pri N_3 . Dalo by sa očakávať, že charakter deformácie bude odpovedať priebehu parabolickej krivky, ktorej maximum sa bude nachádzať v mieste kritického zmesového podielu a v tomto mieste bude miera priečneho stlačenia najnižšia alebo naopak najvyššia.

Z experimentu je vidieť, že u priadze 50%CO/50%PP je výrazný pokles β , čo signalizuje zvýšenú deformáciu priadze. Dôvodom môže byť abnormalita chovania tejto priadze (ako jediná bola analyzovaná z potáča, ostatné priadze boli analyzované

z krížových cievok), alebo je vplyv materiálového zloženia prepojený s pôsobením ďalších faktorov, ktoré neboli brané do úvahy, ako je napr. lineárna teória miesenia podľa W. J. Hamburgera (obr. 2. príloha 2). Z grafu je viditeľné, že najnižšia pevnosť sa najviac približuje k priadzam z 50%CP/50%PP. Tento zmesový podiel sa nachádza v blízkosti kritického zmesového podielu priadze, kde by daná výsledná priadza vykazovala najhoršie mechaanicko-fyzikálne vlastnosti z hľadiska pevnosti priadze. Preto je možné očakávať zmenu vlastností a domnievať sa, že i ostatné deformačné charakteristiky súvisiace s materiálovým zložením budú ovplyvnené a najhoršie výsledky budú mať priadze v blízkosti tohto kritického zmesového podielu. Tým však nie je možné vysvetliť zmenu bez úbytku, pretože tento vplyv by viedol k zmene trendu a v tomto mieste by sa nachádzalo minimum, alebo maximum funkčnej závislosti.

V druhom rade je viditeľné, že s rastúcou veľkosťou zaťaženia dochádza k výraznejším deformáciám a stlačením priadze pomerná výšky priadze β klesá. Rozdiely medzi zistenými hodnotami pomernej výšky β sú štatisticky významné, pretože konfidenčné intervaly sa vo väčšine prípadov neprekrývajú.

Získané výsledky sú v súlade s predpokladmi experimentu. Priadze sa vplyvom zaťažovania deformujú. Veľkosť deformácie je ovplyvnená materiálovým zložením, ale spôsob vplyvu tohto faktoru nie je jednoznačný. Odlišnosti medzi hodnotami priečného stlačení β z hľadiska materiálového zloženia sú významné. S rastúcou zaťažovacou silou rastie hodnota priečného stlačení β , tzn. zvyšuje deformáciu priadze, a i v tomto prípade sú odlišnosti medzi hodnotami priečného stlačení β významné

5.3. Analýza reálneho prierezu tkaniny

Charakter deformácie prierezu priadze vo väzbovom bode tkaniny je zrejmý z rozloženia vlákien v priečnom reze priadze väzbového bodu. K skúmaniu tejto charakteristiky boli zhotovené mäkké rezy tkanín [22] v smere osnovných priadzí. A taktiež rezy tkanín v smere útkových priadzí. Tak ako aj v predchádzajúcom prípade, aj tu sa na tvorbu rezov využívali tkaniny vyrobené z priadzí o jemnosti T – 29,5 tex.

V tomto experimente bol použitý postup popísaný v kapitole 4.4. Pre analýzu rezu tkaniny sú použité rezy tkanín, poskytnuté KTT-FT TUL [23], rovnakého

materiálového zloženia popísané v tab. 3, ako priadze využívané na simuláciu väzbového bodu popísané v tab. 2 a to:

- 100% CO – surovina AI,
- 65%CO 35%PP,
- 50%CO 50%PP,
- 35%CO 65%PP,
- 100% PP.

Rovnako tak sú používané tkaniny so zhodnou menovitou dostavou osnovy D_o 23 nití/cm s rôznymi menovitými dostavami útku D_u a to:

- 8,8 nití/cm,
- 13 nití/cm,
- 17 nití/cm.

V tomto prípade bola prevádzaná analýza rezov tkaniny ako v smere osnovy, tak aj v smere útku.

Predpoklady experimentu:

V procese tkania sú namáhané obe sústavy priadzí a vplyvom zatkávania dochádza k ovplyvneniu štruktúry jednotlivých priadzí vid'. kapitola 3.1. K analýze boli použité tkaniny v relaxovanom stave. Sledovaný je vplyv materiálového zloženia a vplyv veľkosti dostavy útku D_u na veľkosť deformácie u oboch sústav priadzí.

Je možné sa domnievať, že vplyv materiálového zloženia priadze na výslednú deformáciu priadze v tkanine nebude príliš významný, pretože sa jedná o relaxované tkaniny. Za predpokladu zhodnej konštrukcie tkaniny (D_o , D_u , väzba) môžeme usudzovať, že tkaniny vyrobené z priadzí o určitých hmotnostných podieloch PP a CO sa budú správať podobne, ako priadze z týchto materiálov vid'. kapitola 5.2.

Pre analýzu reálneho rezu je veľmi dôležitá aj hustota dostavy. Nazdávame sa, že pri zvyšovaní hustoty dostavy sa bude zvyšovať aj deformovateľnosť priadzí v tkanine. Teda predpokladáme, že v prípade daných tkanín sa budú najviac deformovať útkové priadze v tkanine o dostave D_u 17 nití/cm. Keďže tkaniny boli vyrobené so zhodnou menovitou dostavou osnovy D_o 23 nití/cm, je možné predpokladať, že ich deformovateľnosť v smere osnovy bude veľmi podobná a odlišnosti budú malé. Aj cez to je možné sa domnievať, že vďaka interakciám medzi oboma sústavami sa prípadná

vyššia deformabilita priadze prejaví aj u osnovných priadzí v tkaninách s vyššou dostavou útku D_u .

Príprava materiálu

Jednotlivé vzorky boli pred vlastným zhotovovaním klimatizované podľa ČSN 80 0061 Klimatizovanie textilných surovín, polotovarov a výrobkov [24]. Vzorky tkanín boli poskytnuté z interných zdrojov KTT-FT TUL [23]. Podrobnejšie špecifikácie parametrov sú uvedené v tab. 3 v kapitole 5.1.

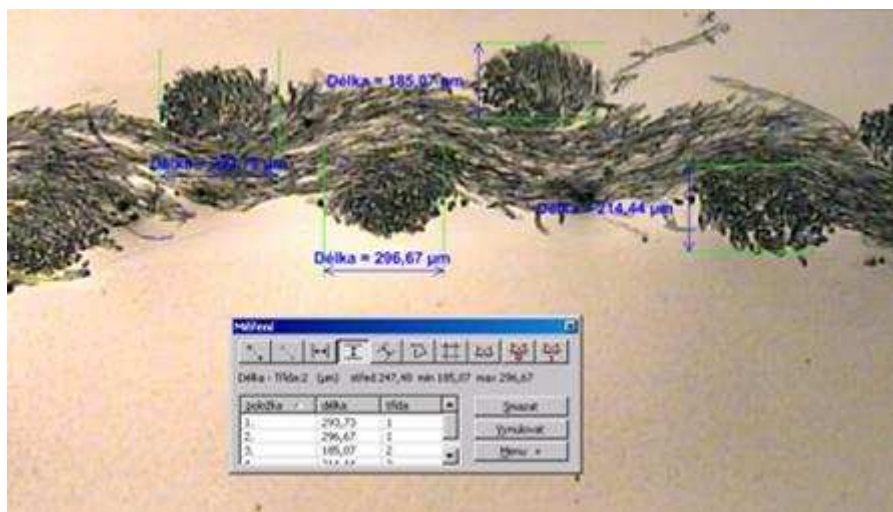
Postup tvorby týchto rezov je popísaný v IN 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby priečných rezov. Mäkké a tvrdé rezy [22].

Postup tvorby je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov [22], [35].

- odber vzorkou tkaniny (6x6 cm odobrané uhlopriečne tkaninou podľa ČSN EN 12751 (80 0070) [36]),
- fixácia polohy vlákien (dvojitou impregnáciou tkaniny lepidlom zn. Gamafix),
- príprava k rezaniu (prúžok tkaniny je vlepený do špeciálnej vaničky a zaliaty zmesou parafínu a vosku),
- rezanie (bloček so vzorkou je upnutý do čeľustí ručného mikrotomu a rezaný oceľovými nožmi),
- príprava preparátu (rez je položený na podložné sklíčko a zakvapnutý xylénom),
- snímanie obrazu preparátu systémom obrazovej analýzy,
- meranie požadovaných charakteristík,
- štatistické vyhodnotenie dát celého súboru rezov.

Podmienky snímania

- rozlíšenie obrazu 752×560 ,
- kalibrácia $2,23 \mu\text{m}/\text{px}$,
- počet všetkých spracovaných obrazov všetkých tkanín v smere osnovy a útku je 541 (z toho 234 obrazov pre tkaninu o dostave útku D_u 8,8 nití/cm, 230 obrazov pre tkaninu o dostave útku D_u 13 nití/cm a 311 obrazov pre tkaninu o dostave útku D_u 17 nití/cm).



Obr. 15 Snímání deformačních charakteristik v příčném reze tkaniny ze 100% CO

Meranie požadovaných charakteristík a štatistické vyhodnotenie dát celého súboru rezov bolo prevádzané v laboratóriu FT TUL v programe NIS Elements. Analýza sa prevádzala ako v smere osnovy, tak aj v smere útku. Ukážka samotného merania (obr. 15), kde je zobrazený presný postup pri meraní výšky a šírky priadze rezom 100% CO.

Podľa základných vzťahov (5), (6) a (9) popísaných v metodike, uvedenej v kapitole 3.1.1. boli prepočítaním nameraných veličín výšky a šírky zistené hodnoty pomerného stlačenia priadze β , sploštenia priadze α , pomerného rozšírenia priadze γ . Zistené hodnoty popisujúce stlačiteľnosť priadze sú uvedené v prílohe 1. tab.2. Namerané a vypočítané dáta boli štatisticky testované pomocou programu QC Expert, nezávislosť, homogenita a normalita dát bola potvrdená. Získané dáta boli graficky porovnané a výsledky sú uvedené v prílohe 3. obr. 1 až 17. Grafy sú z dôvodu väčšej prehľadnosti usporiadané s ohľadom na deformačné charakteristiky α , β , γ a taktiež s ohľadom na dostavu útku sledovanej tkaniny.

Diskusia pre deformačné charakteristiky α :

Z obr. 1 až 5 príloha 3, kde sú zobrazené grafy závislosti α na podiele PP vyplýva, že najvyššie hodnoty pomernej šírky α nadobúdajú tkaniny vyrobené z priadzi o zložení 65%CO/35%PP, ale naopak, najmenšia deformácia nastáva u tkanín vyrobených z priadzi zo 100% PP. U každého typu meraných tkanín dochádza k tomu, že deformácia priadzi s rastúcim podielom PP najprv pri 65%CO/35%PP stúpe a následne klesá. Deformačné chovanie priadzi z hľadiska pomernej šírky α v závislosti

na zmesovom podiele PP a odlišnosti medzi hodnotami sledovaných charakteristík α sú štatisticky nevýznamné, konfidenčné intervaly sa vo väčšine prípadov prekrývajú.

Z obr. 1 až 3 príloha 3 sa priadze v tkanine s dostavou D_{ii} 8,8 nití/cm deformujú viac po útku, ako po osnove. U tkanín s dostavou D_{ii} 13 nití/cm a D_{ii} 17 nití/cm je to práve naopak. Tu sú deformačné charakteristiky priadzí v tkanine takmer vo všetkých prípadoch vyššie v osnove. Pre osnovu a útok má α v každom prípade veľmi podobné deformačné charakteristiky všetkých priadzí v tkaninách a ich rozdiely je možné považovať za štatisticky nevýznamné, pretože ich konfidenčné intervaly sa prekrývajú.

Porovnanie veľkosti deformácie – veľkosti priečného rozšírenia z hľadiska použitej dostavy útku je uvedené na obr. 4 a 5 v prílohe 3. Z grafov je patrné, že s rastúcou dostavou útku dochádza k miernemu nárastu priečného rozšírenia. Trend nie je jednoznačný, odlišnosti medzi jednotlivými hodnotami α sú malé a je možné ich zo štatistického hľadiska zanedbať.

Diskusia pre deformačné charakteristiky β :

Pri posudzovaní grafov závislosti pomernej výšky β na podiele PP obr. 6 až 10 príloha 3, vykazujú najmenšie deformačné charakteristiky tkaniny vyrobené z priadzí 65%CO/35%PP a naopak najväčšie tkaniny vyrobené z priadzí 100% PP. V prípade β u priadzí v tkaninách nastáva fakt, že vo väčšine prípadov s rastúcim podielom PP najprv pri 65%CO/35%PP rastie a následne klesá. Deformačné chovanie priadzí v prípade pomernej výšky β v závislosti na zmesovom podiele PP a odlišnosti medzi hodnotami sledovaných charakteristík β sú vo väčšine prípadov štatisticky nevýznamné, pretože ich konfidenčné intervaly sa prekrývajú.

Pre osnovu a útok obr. 6 až 8 príloha 3 nastáva deformácia priadzí v tkanine s dostavou D_{ii} 8,8 nití/cm takmer vo všetkých prípadoch zhodne, to znamená, že sa viac deformuje útok. Pre priadze v tkanine s dostavou D_{ii} 13 nití/cm je vyššia β po osnove. Podobne je tomu aj u priadzí s dostavou D_{ii} 17 nití/cm, kde je taktiež väčšia deformácia priadzí po osnove, len u tkanín zo 100% CO a 100% PP priadzí je väčšia po útku. Z hľadiska osnovy a útku má β podobné deformačné charakteristiky priadzí v tkaninách. Ich rozdiely je možné považovať za štatisticky nevýznamné, pretože konfidenčné intervaly sa vo väčšine prípadov prekrývajú.

Pri osnove obr. 9 príloha 3 a útku obr. 10 príloha 3 obsahujú priadze s najvyššou dostavou D_{ii} 17 nití/cm vo väčšine prípadov najvyššie deformácie. Iba u tkanín z priadzí 100% CO a 50%CO/50%PP v oboch prípadoch, ako pri osnove, tak

aj pri útku sú najviac deformované priadze tkaniny o dostave D_u 13 nití/cm. Pre osnovu nastáva najnižšia deformácia u priadzí v tkaninách s dostavou D_u 8,8 nití/cm. Pri porovnaní osnovy a útku je vidieť, že ani v jednom z možností nedosahujú najväčšie deformačné charakteristiky priadze tkanín s najnižšou dostavou D_u 8,8 nití/cm. Rozdiely medzi zistenými hodnotami β pri posudzovaní dostavy sú štatisticky nevýznamné, pretože takmer vo všetkých prípadoch sa konfidénčné intervaly prekrývajú. S rastúcou dostavou útku dochádza k miernemu nárastu priečného stlačenia. Odlišnosti medzi jednotlivými hodnotami β sú malé a preto je možné ich zanedbať.

Diskusia pre deformačné charakteristiky γ :

Pre posúdenie vplyvu materiálového zloženia γ boli vytvorené grafy zobrazené na obr. 11 až 15 príloha 3. Pomerné sploštenie γ je definované zo vzťahu (9), podľa ktorého môžeme posúdiť, že čím bude väčšia α a nižší β bude narastať sploštenie priadze v tkanine. Charakter chovania pomerného sploštenia γ z hľadiska závislosti na zmesovom podiele PP nie je jednoznačný, nevykazuje systematické chovanie a dochádza ku kolísaniu hodnôt. Ale na druhú stranu odlišnosti medzi hodnotami sledovaných charakteristík γ z hľadiska materiálového zloženia sú štatisticky nevýznamné, pretože sa konfidénčné intervaly γ pre jednotlivé typy priadzí vo väčšine prípadov prekrývajú. Vplyv materiálového zloženia nie je významný. Sploštenie priadze γ s rastúcim podielom PP v osnovných priadzach má tendenciu skôr klesať, a naopak rásť s rastúcim podielom PP v útkových priadzach tkaniny.

U osnovy a útku nastáva sploštenie priadze v tkanine obr. 11 až 13 príloha 3 s D_u 8,8 nití/cm takmer vo všetkých prípadoch zhodne, najväčšie sploštenie nastáva v smere osnovy. U priadzí v tkanine s dostavou D_u 13 nití/cm je vyššia γ po útku, čo je presne opačne, ako v predchádzajúcom prípade. A rovnako aj v prípade priadzí v tkaninách s dostavou D_u 17 nití/cm je najvyššie sploštenie γ dosiahnuté po útku. Z hľadiska smeru deformácie hlavných os tkanín (osnovy a útku) sú odlišnosti medzi hodnotami charakteristiky γ u tkanín vyrobených z priadzí s prevažujúcim podielom bavlnených vlákien (100%CO a 65%CO/35%PP) štatisticky významné, pretože ich konfidénčné intervaly sa neprekrývajú, v ostatných prípadoch ich môžeme zanedbať.

Vplyv veľkosti dostavy útku D_u na hodnotu charakteristiky γ je možné posudzovať na základe porovnávania uvedeného na obr. 14 a 15 v prílohe 3. V smere osnovy vykazujú priadze z tkanín s najnižšou dostavou útku D_u 8,8 nití/cm vo všetkých prípadoch zmesového podielu PP najnižšie hodnoty sploštenia priadze γ . Rozdiely

medzi zistenými hodnotami γ sú po osnove štatisticky významné, pretože takmer vo všetkých prípadoch sa konfidenčné intervaly neprekrývajú. V smere útkových priadzí to už nie je tak jednoducho definovateľné. Pretože tu dochádza k najväčšiemu splošteniu γ u priadzí zo 65%CO/35%PP a 100% PP v tkanine o dostave D_{ii} 8,8 nití/cm, priadze zo 50%CO/50%PP a 35%CO/65%PP o dostave D_{ii} 13 nití/cm a nakoniec priadze zo 100% CO v tkanine o dostave D_{ii} 17 nití/cm. Pri útku sú štatisticky nevýznamné, pretože konfidenčné intervaly sa vo všetkých prípadoch prekrývajú.

Celkové zhodnotenie splnenia predpokladov experimentu:

Na základe zistených výsledkov je možné konštatovať, že deformácie priadzí zatkaných do štruktúry tkaniny nie sú zanedbateľné a to i u analyzovaných málo dostavených tkanín. Analýza potvrdila, že vplyv materiálového zloženia nie je v tomto prípade príliš určujúci. Taktiež je možné povedať, že so zvyšovaním veľkosti dostavy útku sa zvyšuje veľkosť deformácie priadzí. Ďalším predpokladom, ktorý bol splnený je podobná deformovateľnosť v smere osnovy. A ako posledným splneným predpokladom je bod o prípadnej vyššej deformácii priadzi v osnove tkaniny so zvyšujúcou sa dostavou útku.

Je možné konštatovať, že všetky predpoklady experimentu boli splnené.

5.4. Porovnávanie oboch metód

V poslednej časti sú porovnané obe metódy a to analýza pomocou simulácie väzbového bodu krížením priadze a analýza reálneho rezu tkaniny. Graficky je to znázornené na obr. 16 a 17 v prílohe 3.

Predpoklady experimentu

Analýza priečných rezov tkaninou metodikou podľa IN 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby priečných rezov. Mäkké a tvrdé rezy [22] umožňuje stanovenie deformácie osnovných a útkových priadzí v relaxovanom stave tkaniny, ktorej fixačné média neumožňujú zatiaľ spevniť tkaninu v napätom stave. Cieľom vývoja metodiky simulácie väzbového bodu je umožniť simulovať namáhanie priadzí v tkanine a to ako za pôsobenia malých síl (adekvátnych relaxovanej tkanine), tak aj u

vyšších hodnôt zaťaženia (adekvátnych užívateľskému namáhaniu, ktoré nezasahuje do medzí odpovedajúcim mechanickej odolnosti tkaniny).

Z prác rôznych autorov a teoretického základu popisujúceho silovú rovnováhu vo väzbovom bode tkaniny vid'. kapitola 3.1. a z predchádzajúcich experimentov zameraných sa analýzu priečných rezov tkaniny vyplynulo, že miera deformácie odpovedá približne zvolenému rozsahu síl ($N_1=0,018\text{N}$, $N_2=0,0687\text{N}$ a $N_3=0,1189\text{N}$) realizovaných pomocou závažia ($m_1 = 1,832\text{g}$, $m_2 = 6,832\text{g}$ a $m_3 = 11,832\text{g}$). Doterajšie experimenty analýzy priečných rezov tkaninou boli prevádzané prevažne na 100% bavlnených tkaninách, alebo zo syntetických materiálov v tvare multifilu. Jedným z cieľov je overiť, či rozsah týchto síl vyhovuje aj tkaninám vyrobeným zo zmesových staplových priadzí.

Pri porovnávaní výsledkov oboch metód je možné sa domnievať, že chovanie priadzí bude zrovnateľné. Z hľadiska veľkosti deformačných charakteristík je možné predpokladať, že deformácia spôsobená najnižšou hodnotou zaťaženia bude korešpondovať s hodnotami deformačných charakteristík tkanín s najnižšou menovitou dostavou útku, alebo aspoň niektorou z tkanín o danej dostave D_{ii} . Taktiež je možné predvídať, že deformácia osnovných priadzí stanovená z rezov reálnej relaxovanej tkaniny bude lepšie korešpondovať s deformačnými charakteristikami priadzí posudzovaných metódou simulovaného väzbového bodu.

Diskusia pre deformačné charakteristiky β pri porovnaní oboch metód:

Osnova

K deformačným charakteristikám β spôsobeným silou N_1 sa najviac približujú hodnoty deformácií osnovných priadzí z tkanín o dostavách D_{ii} 8,8 nití/cm. Deformácia pri 65%CO/35%PP priadzach z tkanín je veľmi podobná so simuláciou väzbového bodu. U priadzí z 35%CO/65%PP a 100%PP sa konfidenčné intervaly získané z rezov tkanín a simulácie väzbového bodu prekrývajú a preto sú ich deformačné charakteristiky podobné. U tkanín zo 100%CO priadzí z sú všetky deformácie týchto priadzí blízke deformačným charakteristikám spôsobených normálovou silou N_1 . V prípade deformačných charakteristík priadzí 50%CO/50%PP v tkaninách nastáva odchýlka od každej deformácie spôsobenej simuláciou väzbového bodu.

Útok

U všetkých tkanín vyrobených z priadzí zo 100%CO, 65%CO/35%PP a taktiež aj z 100%PP sa deformačné charakteristiky β týchto priadzí najviac približujú k deformáciám spôsobeným normálovou silou N_1 pri simulácii väzbového bodu. Iba v poslednom prípade sa približujú priadze z tkaniny o dostave D_u 17 nití/cm k deformáciám spôsobenej normálovou silou N_2 . Pri zmesi 35%CO/65%PP sa všetky tkaniny z týchto priadzí približujú deformačným charakteristikám β spôsobeným N_2 . A znova ako v osnove, tak aj v útku nastáva odchýlka od každej nasimulovanej deformácie u priadzí z 50%CO/50%PP.

V obidvoch prípadoch ako osnove, tak aj útku môžeme konštatovať, že obe metódy sú porovnateľné. Pretože hodnoty pomernej výšky β sa u reálnych deformovaných priadzí v tkanine v smere osnove a útku blížia hodnotám simulovaného väzbového bodu najčastejšie spôsobeným normálovou silou N_1 .

Vyhodnotením výsledkov sa zistilo, že metodiku simulácie väzbového bodu je možné použiť aj pre zmesové staplové priadze. Experiment potvrdil, že spôsob chovania priadzí pri zaťažovaní u simulácie väzbového bodu poskytuje porovnateľné výsledky s metodikou analýzy reálneho rezu tkaniny. Navyše simulácia väzbového bodu umožňuje väčší rozsah zaťažovania, čo naznačuje veľkosť deformácie priadzí spôsobenej normálovou silou N_3 , ktorá je vo všetkých prípadoch výrazne vyššia, než u hodnôt získaných z analýzy reálnych rezov tkaniny. Takže z toho vyplýva že v relaxovaných tkaninách konštrukcií uvedenej v tab. 3 na priadzu tak vysoká normálová sila nepôsobí. Môžeme povedať, že predpoklady experimentu boli potvrdené. Taktiež bolo potvrdené, že deformačné charakteristiky hodnotené v osnove reálneho rezu tkaninou sa viac približujú deformačným charakteristikám simulácie väzbového bodu.

Rovnako bol splnený jeden z dôležitých cieľov práce, kde sa stanovila miera zaťaženia pre simuláciu väzbového bodu, ktorá korešponduje s relaxovaným stavom tkaniny pre zmesové typy tkanín PP/CO v dané konštrukcii.

6. Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo stanoviť mieru priečnej deformácie priadze v tkanine. Pre stanovenie deformácie priadze je dôležité poznať geometriu väzbového bodu tkaniny a metodiky hodnotenia priečnej deformácie priadze, ktoré boli popísané v rešeršnej časti.

Pre splnenie cieľa práce boli vybrané dve metodiky určené na hodnotenie priečnej deformácie priadze a to: metodika simulácie väzbového bodu tkaniny krížením priadze a analýza reálneho rezu tkaniny.

V prvom prípade pri simulácií väzbového bodu tkaniny boli vytvorené snímky na ktorých bol nasimulovaný väzbový bod tkaniny. Tieto snímky boli vyhodnocované pomocou programu NIS Elements, kde sa premeriavala výška simulovaného väzbového bodu tkaniny, ktorá sa následne prepočítala na pomernú výšku β . Získané výsledky boli porovnávané z hľadiska vplyvu materiálového zloženia a normálovej sily pôsobiacej na priadzu. V tomto prípade sa zistilo, že veľkosť deformácie je ovplyvnená materiálovým zložením, ale vplyv tohto faktoru nie je jednoznačný. Pomerná výška β má tendenciu s rastúcim zmesovým podielom PP v priadzi mierne rásť a potom klesať. Ako druhé sa zistilo, že so zvyšujúcou sa touto silou rástla aj deformácia, teda pomerná výška β priadze klesá.

Získané výsledky môžu byť ovplyvnené celým radom faktorov ako je osvetlenie, kalibrácia a hlavne samotné premeriavanie deformácie priadze pomocou programu NIS Elements. Vyhodnocovanie v tomto programe je veľmi subjektívne a záleží aj na danom hodnotiteľovi, ako k tomu bude pristupovať a ako jednotlivé snímky premeria. Pokiaľ má byť táto metodika využívaná aj v budúcnosti, je vhodné upraviť spôsob snímania obrazu tak, aby bolo možné aplikovať objektívne prahovanie obrazov a vyhodnocovanie jednotlivých obrazových sekvencií pomocou makra prevádzaných automaticky.

V druhom prípade sa analyzovali rezy tkanín vytvorené z rovnakých priadzí aké boli použité v prvej časti experimentu. Analýza prebiehala v smere osnovy a útku taktiež v programe NIS Elements. V tomto prípade sa zisťovala výška a šírka deformovanej priadze v tkanine. Rovnako aj v tejto časti boli zistené priemerné hodnoty pomernej šírky α , pomernej výšky β a sploštenia priadze γ . V prípade tkanín sa posudzovala miera a závislosť deformácie priadze v tkanine z hľadiska materiálového

zloženia, dostavy a smeru (osnova, útok). Z hľadiska materiálového zloženia bolo potvrdené, že jeho vplyv na deformačné charakteristiky α , β a γ nie je veľmi významný.

V prípade posudzovania dostavy je možné povedať, že so zvyšujúcou sa hustotou dostavy útku sa zvyšuje aj veľkosť deformácie (hodnota pomernej šírky α rastie, hodnota pomernej výšky β klesá). A ako posledný bol posudzovaný smer deformovania v súvislosti s hlavnými smermi tkaniny. Tu sa zistilo, že u sledovaných tkanín je miera deformácie osnovných a útkových priadzí porovnateľná. Sledované tkaniny sú vo svojej konštrukcii špecifické, pretože sú málo dostavené, majú štvorcovú dostavu (zhodná dostava osnovy a útku) a osnovné a útkové priadze sú zhodné (zhodné materiálové zloženie, zhodná jemnosť, zhodný zákrutový koeficient). Navyše zvolené materiálové zloženie nie je celkom typické. PP vlákna v porovnaní s CO pri zhodnej jemnosti majú vyšší ekvivalentný priemer vlákien. Preto pri hmotnostnom zmesovaní sa v priereze zmesi 50%CO/50%PP nachádza väčší počet PP vlákien a je možné teda očakávať, že chovanie týchto priadzí bude veľmi blízke chovaniu priadzí zo 100%PP. Pre tento prípad je možné sa domnievať, že tieto typy priadzí sa budú chovať mierne odlišne než bežne vyrábané tkaniny. Pretože takéto bežne vyrábané tkaniny majú vyššie hodnoty dostav, osnovné priadze sú vo väčšine prípadov vyrábané s vyššou hodnotou zákrutu, sú používané priadze skané o porovnateľnej jemnosti s jemnosťou útkových priadzí a tkaniny sú zároveň podrobované zošľachtovaniu.

Je pravdepodobné, že jednotlivé faktory ovplyvňujú výslednú deformáciu priadzí spoločne (konštrukcia priadzí a konštrukcia tkaniny) a ich pôsobenie nie je možné oddelene posudzovať. Pre stanovenie obecných záverov by bolo nezbytné rozšíriť experiment a zopakovať ho pre tkaniny vyrobené z priadzí (s rôznou jemnosťou, zákrutom a materiálovým zložením) a voliť tiež ďalšie varianty konštrukcie tkanín z hľadiska dostav a väzby a typových zošľachtovacích úprav.

Ako posledné sa hodnotili obe metódy súčasne, kde je možné konštatovať, že sú porovnateľné. Vyšlo, že deformačná charakteristika β hodnotená po osnove a útku sa podobá deformácií β nameranej pri simulácii väzbového bodu. Pretože ako po osnove, tak aj po útku sa hodnoty reálnych deformácií blížili simulovaným hodnotám spôsobeným zaťažovacou normálovou silou N_1 . Z toho vyplynulo, že u reálnych rezov tkanín spôsobuje deformovateľnosť priadzí v tkanine približne takáto normálová sila. Tým bolo potvrdené, že pri tvorbe tkaniny sa vytvárajú určité sily, ktoré pôsobia na priadze v nej čím je spôsobená deformovateľnosť týchto priadzí. Takto bol splnený jeden z dôležitých cieľov práce, kde sa stanovila miera zaťaženia pre simuláciu

väzbového bodu, ktorá korešponduje s relaxovaným stavom tkaniny tejto typovej konštrukcie.

V oboch prípadoch posudzovania deformovateľnosti priadzí dochádzalo k tomu, že boli merané v programe NIS Elements. Meranie v tomto programe je veľmi subjektívnou metódou a záleží na tom, ako sa k samotnému meraniu jednotlivý hodnotiteľ postaví. Preto by v budúcnosti bolo vhodné riešiť tieto deformačné charakteristiky aj z iných hľadísk, overiť nové materiály (ako bolo popísané vyššie) s viacerými hodnotiteľmi samostatne a následne získané výsledky porovnať. Na takomto základe by bolo možné vytvoriť databázu vlastností ako priadzí, tak aj tkanín s možnosťou modelovania, predikcie vlastností a chovania tkanín v režime užívateľského namáhania.

7. Zoznam použitej literatúry

- [1] Huiyu, S., Ning, P.: Shear deformation analysis for woven fabrics. *Composite Structures* [online]. 2004,67, s. 317-322, [cit. 2010-12-27].
- [2] Sagar, T.V.; Potluri, P. ; Hearle, J.W.S.: Mesoscale modelling of interlaced fibre assemblies using energy method. *Computational Materials Science* [online]. 2003, 28, s. 49-62, [cit. 2011-11-20].
- [3] Drašarová, J.: Analýza příčných řezů tkaniny. Disertační práce, TU v Liberci, Liberec 2004.
- [4] Neckář, B.: *Příze*. Tvorba, struktura, vlastnosti. ISBN 80-03-00213-3 SNTL Praha 1990.
- [5] Kalousek, Z., Mertová, I.: Matematický model deformačních vlastností tkaniny v plátňové vazbě, Výzkumné centrum Textil, TU Liberec 2004.
- [6] IN13-108-01/01: Definice. Geometrické parametry tkanin.
- [7] Drašarová, J., Nováčková, J.: Část 2: Tkaniny, Hodnocení struktury a vlastností tkanin vyrobených z přízí prstencových, rotorových a experimentálních, TUL, VÚB a.s., Spolsin s.r.o.
- [8] Kavan, P.: Modelování jednoosých tahovo deformačních vlastností tkanin plátňové vazby počítačem. Kandidátská disertační práce, VŠST Liberec 1985.
- [9] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií. TU Liberec 2002.
- [10] Drašarová, J.: Deformace příčného řezu délkové textilie ve vazném bodě tkaniny. STRUTEX 2000, TU Liberec, sborník s. 127-133.
- [11] IN 32-204-01/01: Stanovení příčně stlačitelnosti přízí.
- [12] Kohel, J.: Příčna stlačitelnost přízí, Diplomová práce, TUL 1993.
- [13] Lomov, S.V., Ivanov, D., Verpoest, I.: Meso-FE modeling of textile composites: Road map, data flow and algorithms. *International conference on composite materials* [online]. 2007, s. 1-11, [cit. 2011-03-29].
- [14] Barauskas, R., Kuprys, M.: Collision detection and response of yarns in computational models of woven structures. *Mathematical modelling and Analysis* [online]. 2005, s. 3-13, [cit. 2010-26-12].
- [15] Lomov, S. V., Peeters T.: Integrated Textile Preprocessor Wise Tex, version 2.3. Computational models, methods and algorithms. Leuven 2002.

- [16] Mikolanda, T., Lomov, S. V., Kosek, M., Verpoest, I.: Visualization of textile Structures by the Use of VRML.
- [17] Lomov, S.V., Verpoest, I.: WISETEX – Virtual textile reinforcement software. Lueven 2004.
- [18] Mikolanda, T., Lomov, S. V., Kosek, M.: VRTex – An efective system for visualization of textile structures. STRUTEX 2003, TU Liberec, zborník s. 33-38.
- [19] Křemenáková, D., Krupincová, G.: Lateral compression of free yarn. Liberec 2010, prednášky EAS.
- [20] Krupincová, G., Janáčková, H., Křemenáková, D.: Stlačování příze mezi dvoma rovnoběžnými deskami. STRETEX 2001, TU Liberec, sborník s. 79-85.
- [21] Krupincová, G., Drašarová, J., Mertová, I.: Evaluation of yarn lateral deformation. TEXSCI 2010, TU Liberec.
- [22] IN 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby příčných řezů. Měkké a tvrdé řezy.
- [23] Křemenáková, D. a kol.: Analýza vlastností vláken, přízí a tkanin typu CO/PP. FT TUL interný materiál KTT 2007.
- [24] ČSN 80 0061: Klimatizování textilních surovin, polotovarů a výrobků.
- [25] ČSN EN ISO 1973: Textilní vlákna – Zjišťování délkové hmotnosti – Gravimetrická a vibroskopická metoda.
- [26] ČSN EN ISO 5079: Textile - Vlákná – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken při přetrhu.
- [27] EN ISO 2060: Textile - Nitě na návinech - Zjišťování jemnosti (délkové hmotnosti) pásmovou metodou.
- [28] ČSN EN ISO 2061: Textile - Zjišťování zákrutu nití - Metoda přímého počítání.
- [29] IN 12-108-01/01: Definice. Geometrické vlastnosti staplových přízí.
- [30] IN 22-103-01/01: Zaplnění příze. Přímá metoda a metoda Secant.
- [31] ČSN EN ISO 2062: Textile, nitě na návinech - Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu.
- [32] ČSN EN 1049-2: Tkaniny. Konstrukce. Metody analýzy. Část 2: Stanovení dostavy.
- [33] Nečkář, B.: Vlákná a vláknenné útvary 3. Mechanika vláknenných útvarů. Liberec 2010, přednášky SVU.
- [34] Militký, J., Meloun, M.: Statistické zpracování experimentálních dát. Praha 1998.
- [35] Kolektiv autorů: *Interní normy*. Liberec: TU v Liberci, Výzkumné centrum Textil, 2001.

[36] ČSN EN 12751 (80 0070):Textilie – odběr vzorků vláken, nití a plošných textilií ke zkouškám.

8. Zoznam obrázkov a tabuliek

Zoznam obrázkov

Obr. 1 a.) Popis väznej vlny – Piercov model [7] b.) znázornenie zón vo väznej vlne [2]	14
Obr. 2 Schéma väzného bodu [8]	15
Obr. 3 Možné tvary priečných rezov priadze po deformácii a.) kruh, b.) Kemp (kempov oválny prierez), c.) elipsa, d.) šošovka [11]	16
Obr. 4 Druhy tkanín, názorné usporiadanie a deformácia priadzí v tkanine [17] a.) ideálne priadze kruhového prierezu b.) veľmi ploché priadze po určitom zaťažení c.) husto tkaná viacvrstvá tkanina	20
Obr. 5 Časť tkaniny [14] a.) znázornené smery počiatočného zaťaženia b.) zdeformovaná tkanina a priadze v nej	21
Obr. 6 Stláčanie priadze medzi tuhými rovnobežnými doskami [4], [20]	22
Obr. 7 Deformácia priadze pri ohybe cez zaoblenú hranu – jednotlivé pohľady [4]	23
Obr. 8 a.) Zjednodušený náčrt dutého telesa b.) detail simulácie [8]	23
Obr. 9 Snímanie väzbového bodu pomocou makroskopu prepojeného na PC	24
Obr. 10 Merané hodnoty [8], [21]	25
Obr. 11 Ťahové pracovné krivky vlákien pre znázornenie teórie W. J. Hamburgera	30
Obr. 12 a.) duté teleso b.) použité duté teleso s navedenými priadzami	32
Obr. 13 Simulovaný väzbový bod na úseku priadze 100% PP o jemnosti 29,5 tex	33
Obr. 14 Meranie priečnej stlačiteľnosti 100% PP pri zaťažení $m_2 = 6,832\text{g}$ b.) detailný pohľad na meranie	34
Obr. 15 Snímanie deformačných charakteristík v priečnom reze tkaniny zo 100% CO	38

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Základné vlastnosti vlákien	27
Tab. 2 Základné vlastnosti sledovanej priadze	28
Tab. 3 Základné vlastnosti sledovaných tkanín	29
Tab. 4 Vypočítané normálové sily	32

Príloha 1.

Zistené hodnoty popisujúce stlačiteľnosť priadze

Tab. 1. Zistené hodnoty popisujúce stlačiteľnosť priadze v simulovanom väzbovom bode

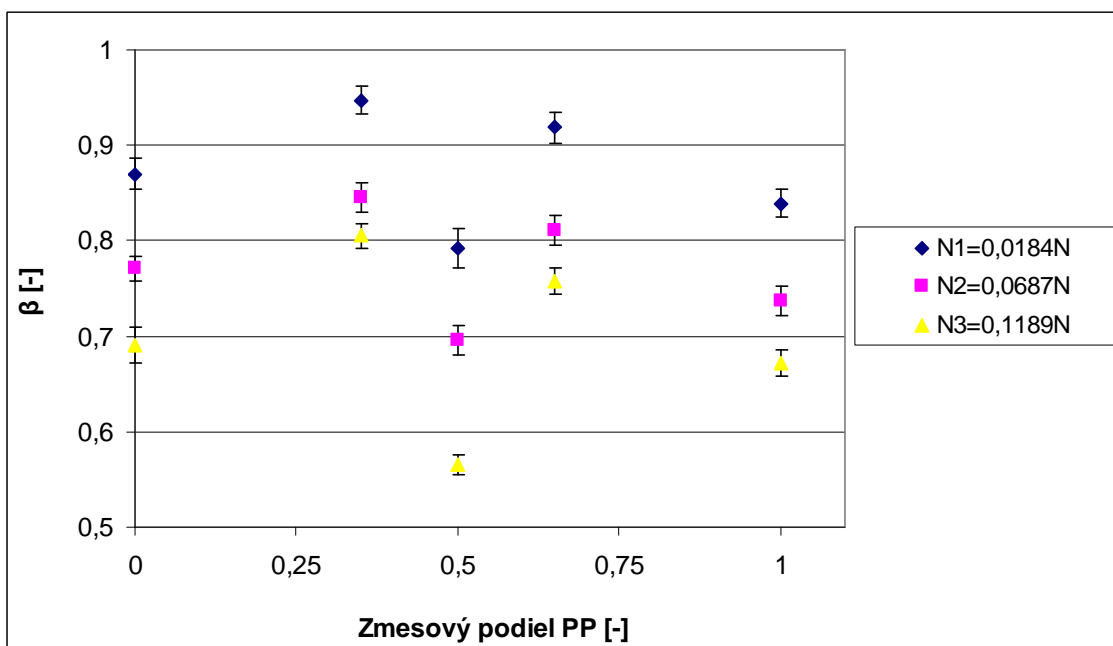
		100% CO			65%CO/35%PP			50%CO/50%PP			35%CO/65%PP			100%PP		
T_{jm}	[tex]	29,5			29,5			29,5			29,5			29,5		
m	[g]	1,832	6,832	11,832	1,832	6,832	11,832	1,832	6,832	11,832	1,832	6,832	11,832	1,832	6,832	11,832
b	[mm]	0,1888	0,1673	0,1499	0,2236	0,1995	0,1901	0,1845	0,1621	0,1318	0,2324	0,2052	0,1916	0,2198	0,1932	0,1759
		(0,1848; 0,1928)	(0,1643; 0,1703)	(0,1459; 0,1539)	(0,2196; 0,2276)	(0,1955; 0,2035)	(0,1871; 0,1931)	(0,1795; 0,1895)	(0,1581; 0,1661)	(0,1298; 0,1338)	(0,2284; 0,2364)	(0,2012; 0,2092)	(0,1876; 0,1956)	(0,2158; 0,2238)	(0,1892; 0,1972)	(0,1719; 0,1799)
β	[-]	0,8700	0,7711	0,6907	0,9475	0,8452	0,8055	0,7917	0,6958	0,5658	0,9187	0,8110	0,7573	0,8391	0,7374	0,6715
		(0,8537; 0,8863)	(0,7585; 0,7837)	(0,6717; 0,7098)	(0,9325; 0,9625)	(0,8292; 0,8612)	(0,7925; 0,8185)	(0,7709; 0,8124)	(0,6797; 0,7120)	(0,5557; 0,5760)	(0,9027; 0,9347)	(0,7960; 0,8260)	(0,7433; 0,7713)	(0,8236; 0,8545)	(0,7222; 0,7527)	(0,6570; 0,6860)

Tab. 2. Zistené hodnoty popisujúce stlačiteľnosť priadze vo väzbovom bode tkaniny

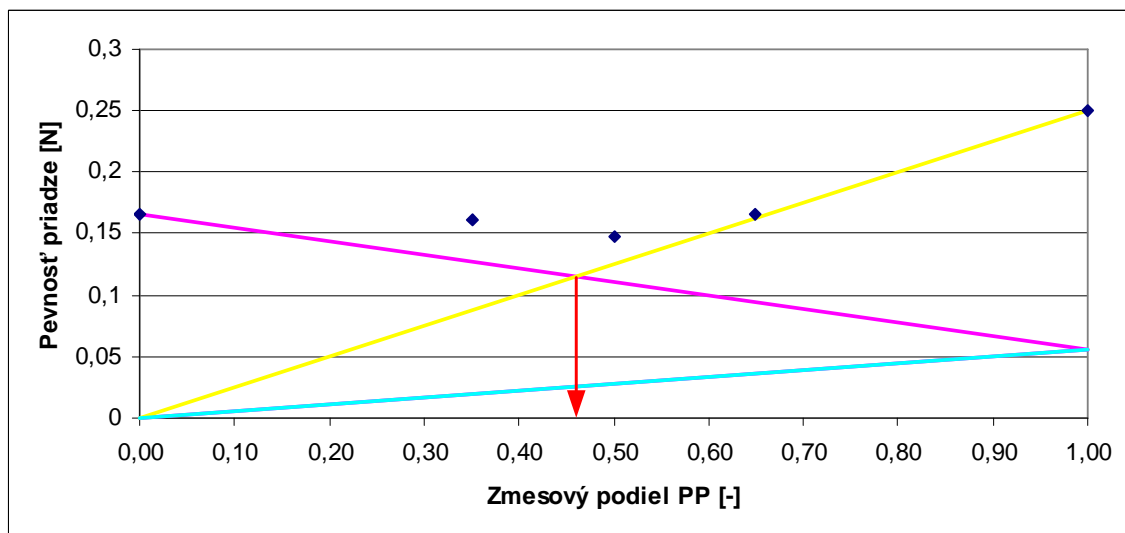
		100% CO			65%CO / 35%PP			50%CO / 50%PP			35%CO / 65%PP			100%PP		
T_m	[tex]	29,5			29,5			29,5			29,5			29,5		
D_o	[cm ⁻¹]	22,5	22,5	23,5	23	23,5	23,5	22,5	23	23	22,5	23	23,5	22	22,5	23,0
$D_{\dot{u}}$	[cm ⁻¹]	8,8	13	17	8,8	13	17	8,8	13	17	8,8	13	17	8,8	13	17
<i>osnova</i>																
α	[-]	1,1578	1,2063	1,4097	1,2865	1,3024	1,2886	1,1703	1,2037	1,2593	1,1541	1,2133	1,1675	1,1352	1,1903	1,1664
		(1,1237; 1,1919)	(1,1762; 1,2364)	(1,3722; 1,4472)	(1,2447; 1,3283)	(1,2739; 1,3309)	(1,2580; 1,3192)	(1,1455; 1,1951)	(1,1749; 1,2325)	(1,2378; 1,2808)	(1,1181; 1,1901)	(1,1837; 1,2429)	(1,1394; 1,1956)	(1,1053; 1,1651)	(1,1504; 1,2302)	(1,1407; 1,1921)
β	[-]	0,9276	0,8943	0,9040	0,9474	0,8386	0,8223	0,8795	0,8334	0,8380	0,8943	0,7811	0,7678	0,8197	0,8000	0,7996
		(0,9090; 0,9462)	(0,8799; 0,9087)	(0,8827; 0,9253)	(0,9240; 0,9708)	(0,8220; 0,8552)	(0,8058; 0,8388)	(0,8670; 0,8920)	(0,8199; 0,8569)	(0,8229; 0,8531)	(0,8695; 0,9191)	(0,7665; 0,7957)	(0,7491; 0,7865)	(0,8034; 0,8360)	(0,7787; 0,8213)	(0,7838; 0,8154)
γ	[-]	1,2502	1,3643	1,5720	1,3630	1,5651	1,5773	1,3331	1,4462	1,5231	1,2990	1,5601	1,5347	1,3925	1,4943	1,4744
		(1,2197; 1,2807)	(1,3226; 1,4060)	(1,5253; 1,6187)	(1,3248; 1,4012)	(1,5286; 1,6016)	(1,5381; 1,6165)	(1,3080; 1,3582)	(1,4175; 1,4749)	(1,4855; 1,5607)	(1,2594; 1,3386)	(1,5234; 1,5968)	(1,4972; 1,5722)	(1,3564; 1,4286)	(1,4489; 1,5397)	(1,4385; 1,5103)
<i>útok</i>																
α	[-]	1,2584	1,1890	1,2031	1,2993	1,2765	1,2456	1,2110	1,1888	1,2726	1,1764	1,2047	1,1850	1,1526	1,2057	1,1373
		(1,2112; 1,3056)	(1,1501; 1,2279)	(1,1736; 1,2326)	(1,2450; 1,3536)	(1,2345; 1,3185)	(1,2196; 1,2716)	(1,1768; 1,2452)	(1,1587; 1,2189)	(1,2375; 1,3077)	(1,1240; 1,2288)	(1,1673; 1,2421)	(1,1489; 1,2211)	(1,1068; 1,1984)	(1,1574; 1,2540)	(1,0976; 1,1770)
β	[-]	0,9119	0,8602	0,8923	0,9419	0,9036	0,8798	0,8616	0,8523	0,8820	0,8148	0,8499	0,8027	0,8486	0,8441	0,7510
		(0,8869; 0,9369)	(0,8424; 0,8780)	(0,8789; 0,9057)	(0,9116; 0,9722)	(0,8819; 0,9253)	(0,8616; 0,8980)	(0,8478; 0,8754)	(0,8347; 0,8699)	(0,8583; 0,9057)	(0,7847; 0,8449)	(0,8285; 0,8713)	(0,7848; 0,8206)	(0,8269; 0,8703)	(0,8166; 0,8716)	(0,7265; 0,7755)
γ	[-]	1,3853	1,3856	1,3488	1,3889	1,4176	1,4249	1,4081	1,3995	1,4622	1,4531	1,4220	1,4842	1,3627	1,4410	1,5351
		(1,3359; 1,4347)	(1,3431; 1,4281)	(1,3215; 1,3761)	(1,3265; 1,4513)	(1,3720; 1,4632)	(1,3949; 1,4549)	(1,3704; 1,4458)	(1,3650; 1,4340)	(1,4096; 1,5148)	(1,3850; 1,5212)	(1,3856; 1,4584)	(1,4365; 1,5319)	(1,3117; 1,4137)	(1,3758; 1,5062)	(1,4707; 1,5995)

Príloha 2.

**Graf závislosti charakteristiky β na podiele PP
získanej metódou simulácie väzbového bodu**



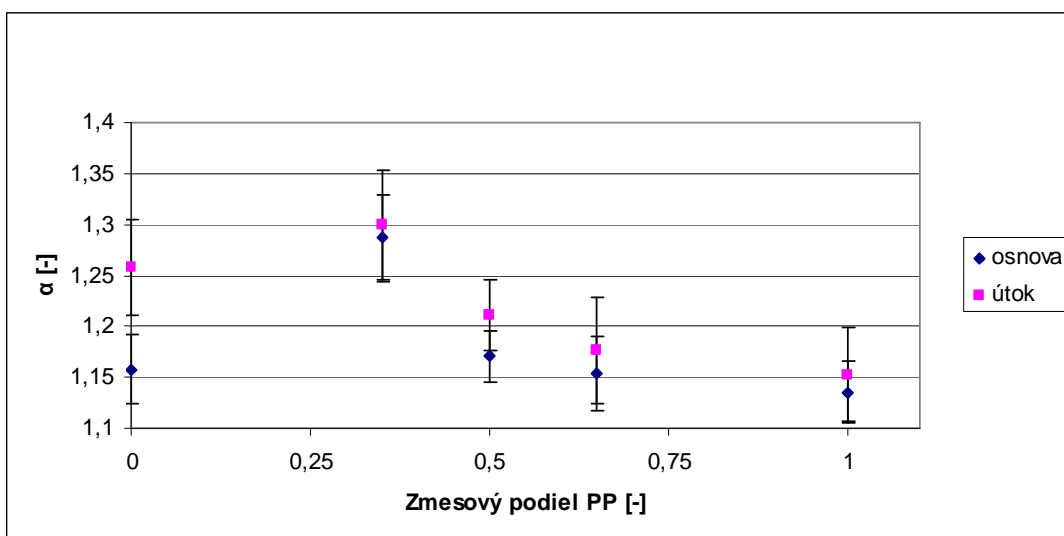
Obr. 1. Graf závislosti β na podiele PP pri zaťažení $N_1=0,018N$;
 $N_2=0,0687N$; $N_3=0,1189N$



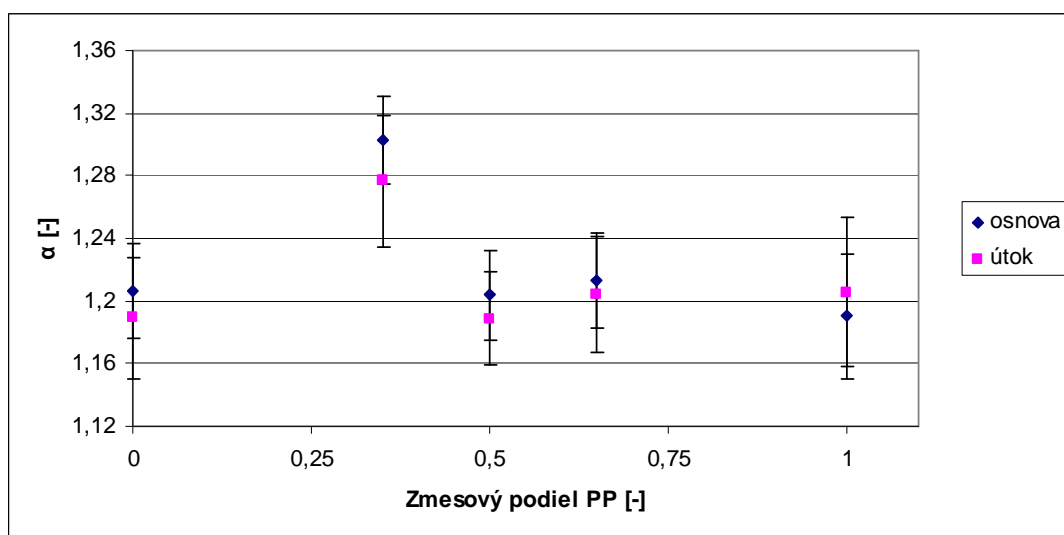
Obr. 2. Graf minimálna pomerná pevnosť priadze znázornená pomocou „lineárnej
teórie miesenia“ podľa W. J. Hamburgera [33]

Príloha 3.

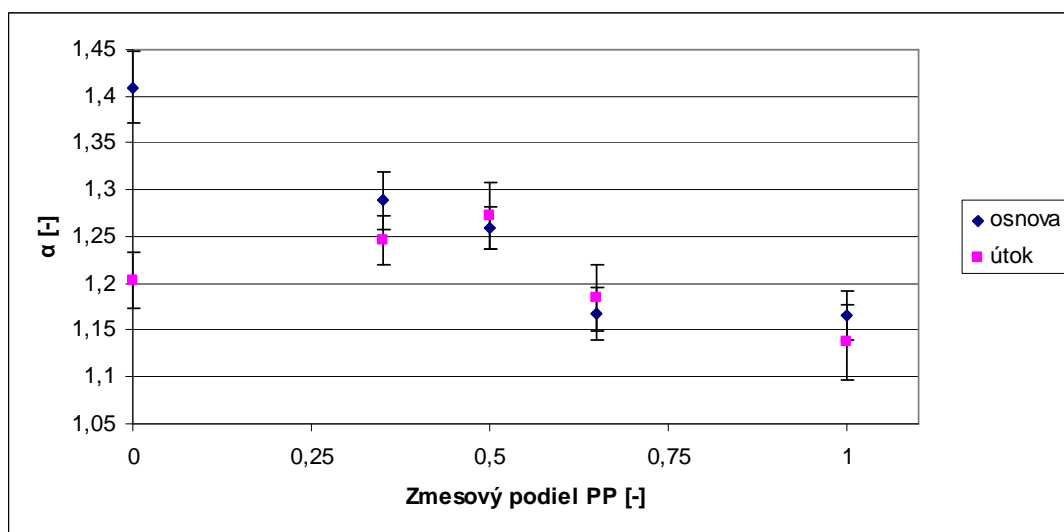
**Grafy závislosti charakteristík α , β a γ na podiele
PP získanej metódou analýzy reálneho rezu
tkaniny**



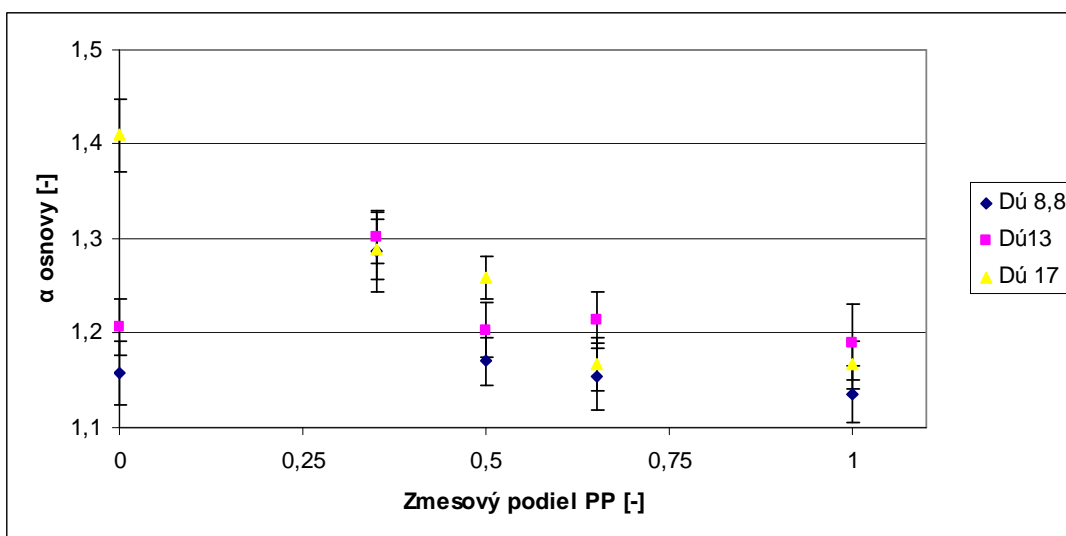
Obr. 1. Závislosť α na podiele PP pri tkaninách s dostavou D_u 8,8 nití/cm



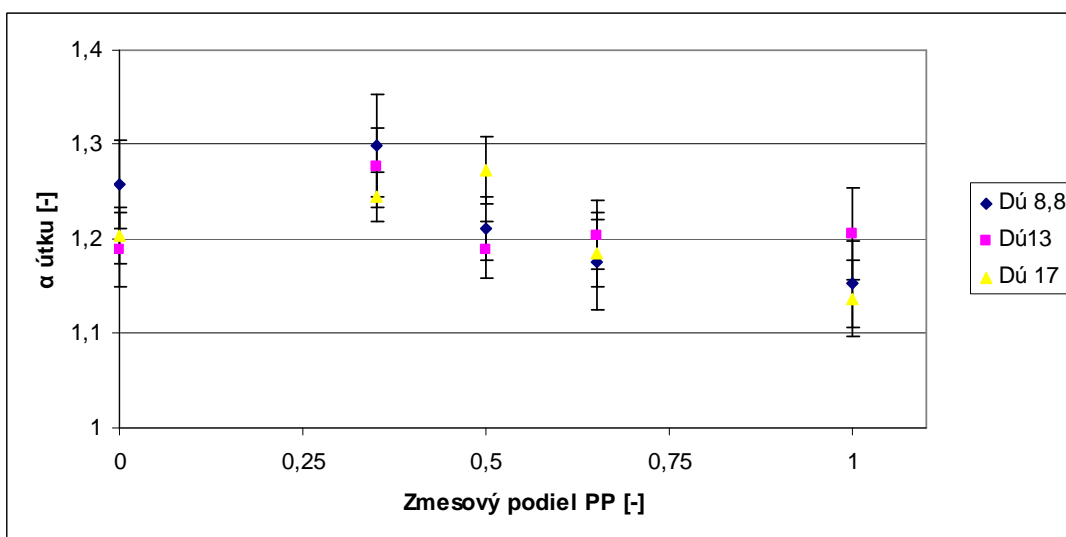
Obr. 2. Závislosť α na podiele PP pri tkaninách s dostavou D_u 13 nití/cm



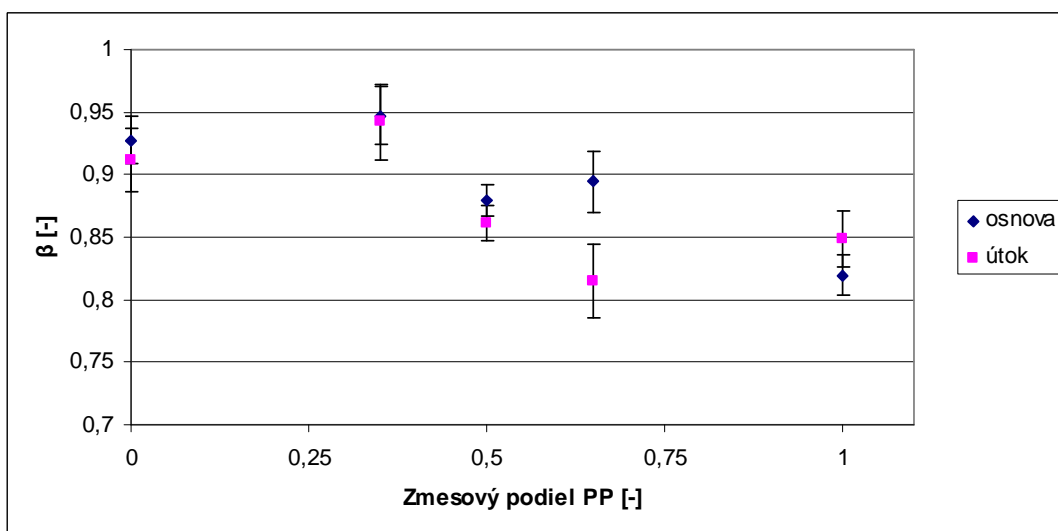
Obr. 3. Závislosť α na podiele PP pri tkaninách s dostavou D_u 17 nití/cm



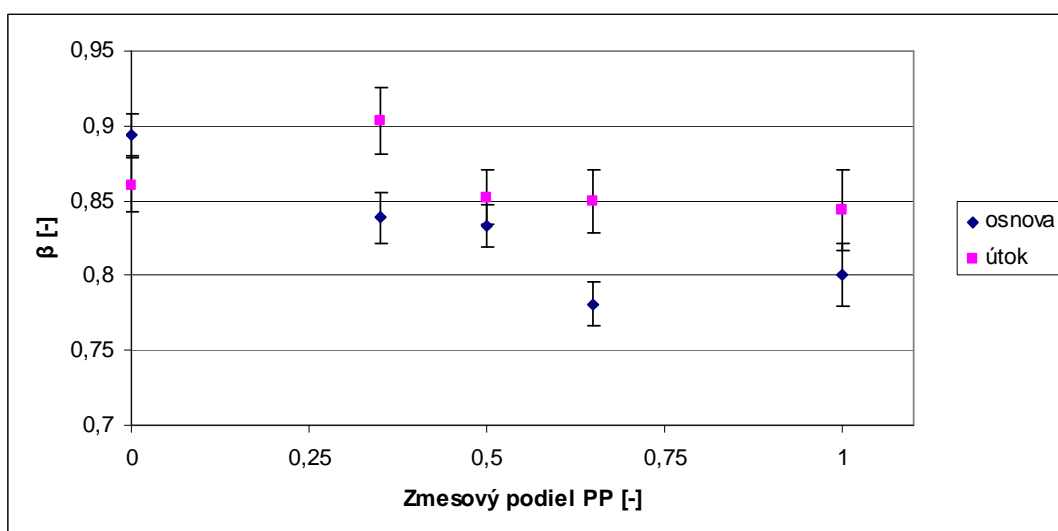
Obr. 4. Závislosť α pre porovnanie osnovy na podiele PP



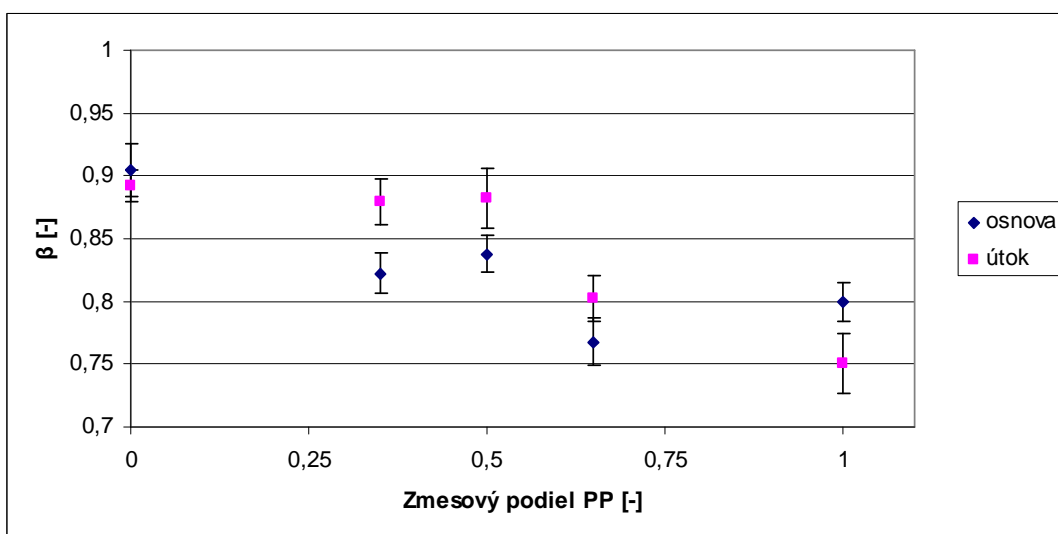
Obr. 5. Závislosť α pre porovnanie útku na podiele PP



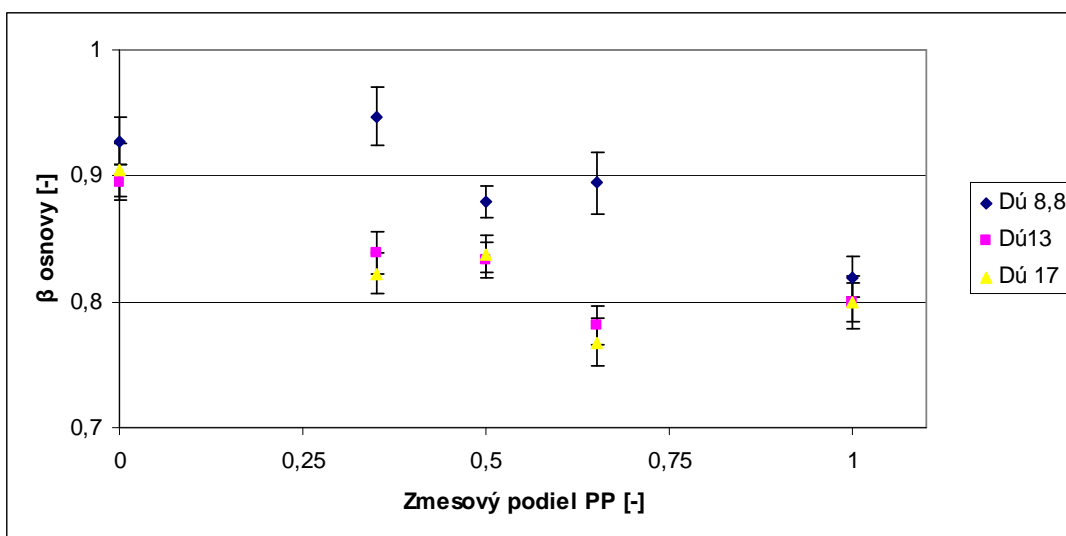
Obr. 6. Závislosť β na podiele PP pri tkaninách s dostavou $D_{\dot{u}}$ 8,8 nití/cm



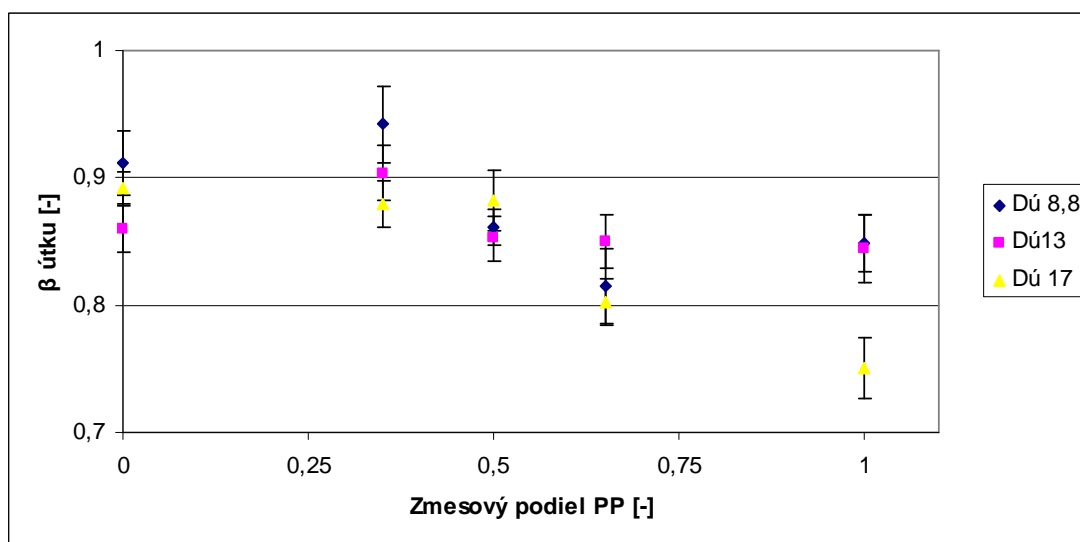
Obr. 7. Závislosť β na podiele PP pri tkaninách s dostavou $D_{\dot{u}}$ 13 nití/cm



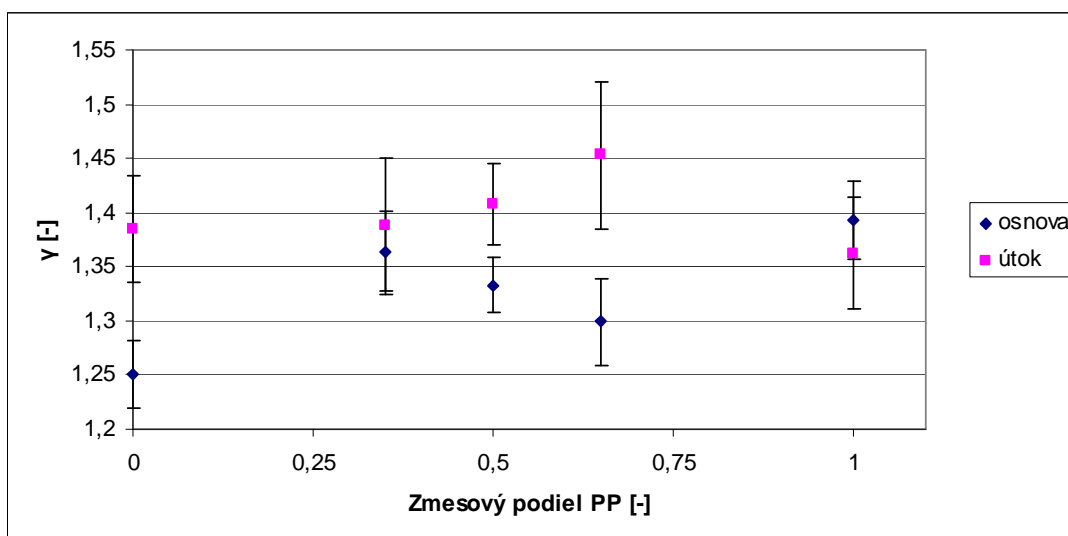
Obr. 8. Závislosť β na podiele PP pri tkaninách s dostavou $D_{\dot{u}}$ 17 nití/cm



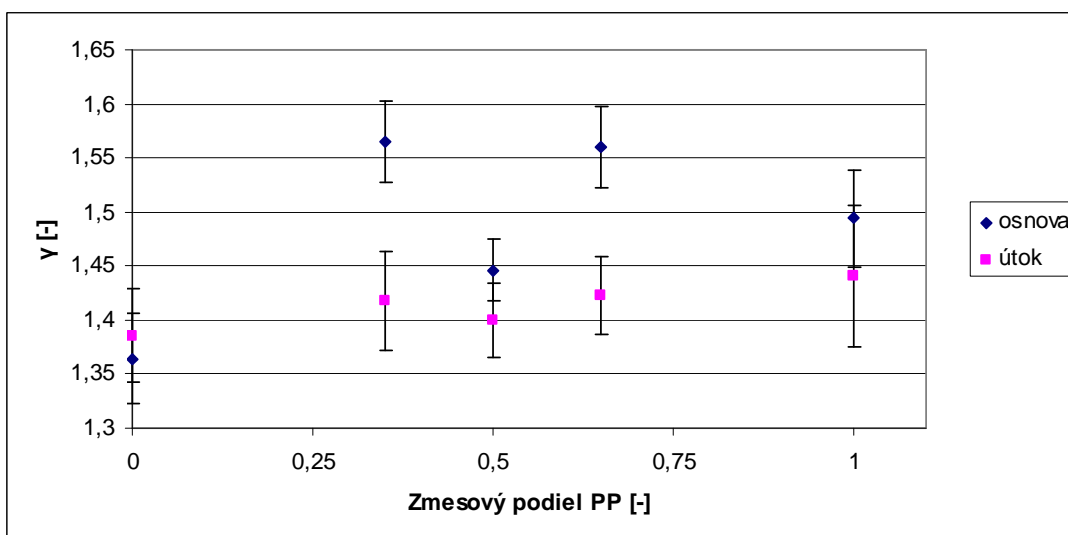
Obr. 9. Závislosť β pre porovnanie osnovy na podiele PP



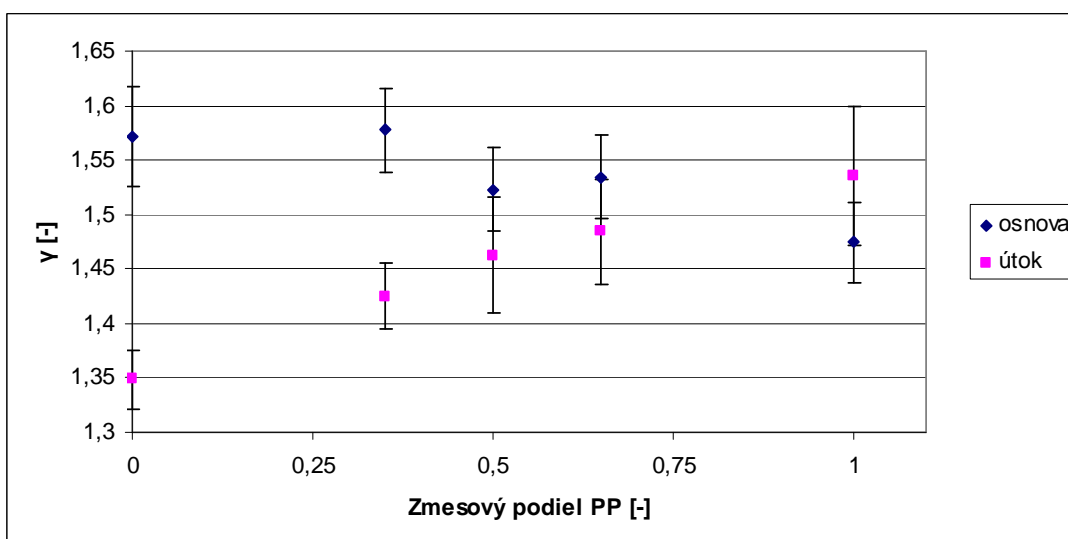
Obr. 10. Závislosť β pre porovnanie útku na podiele PP



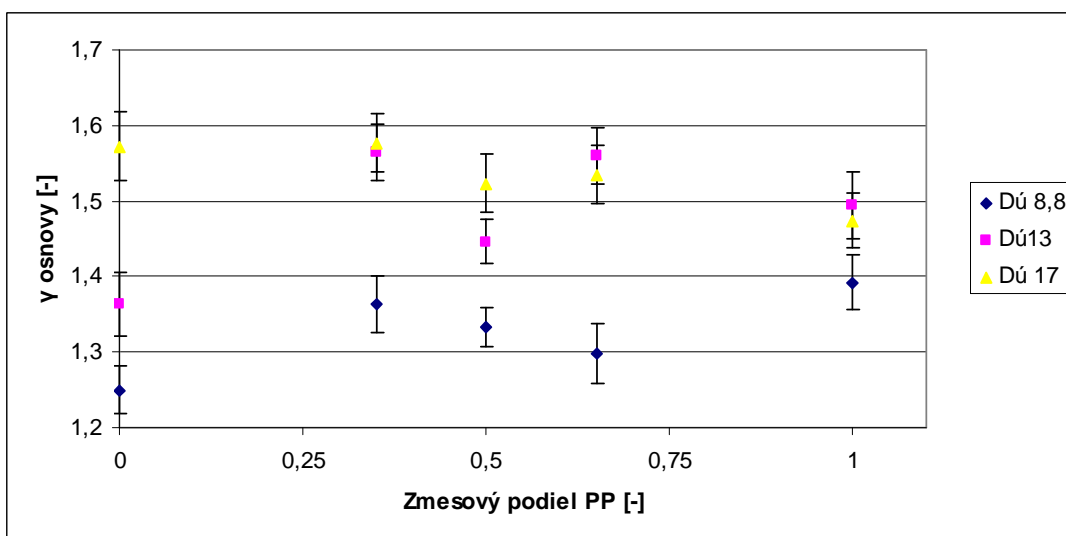
Obr. 11. Závislosť γ na podiele PP pri tkaninách s dostavou D_u 8,8 niti/cm



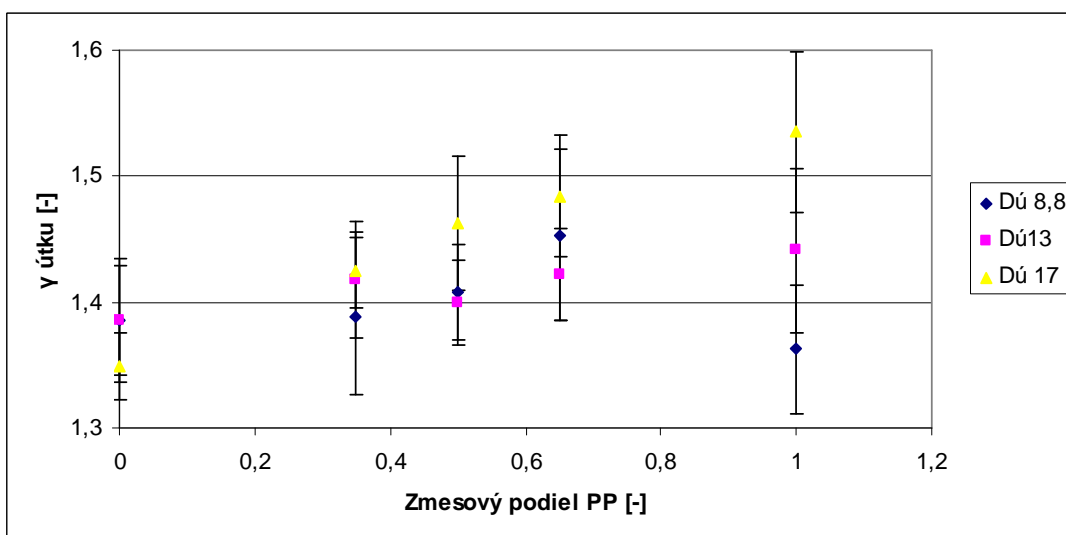
Obr. 12. Závislosť γ na podiele PP pri tkaninách s dostavou D_u 13 niti/cm



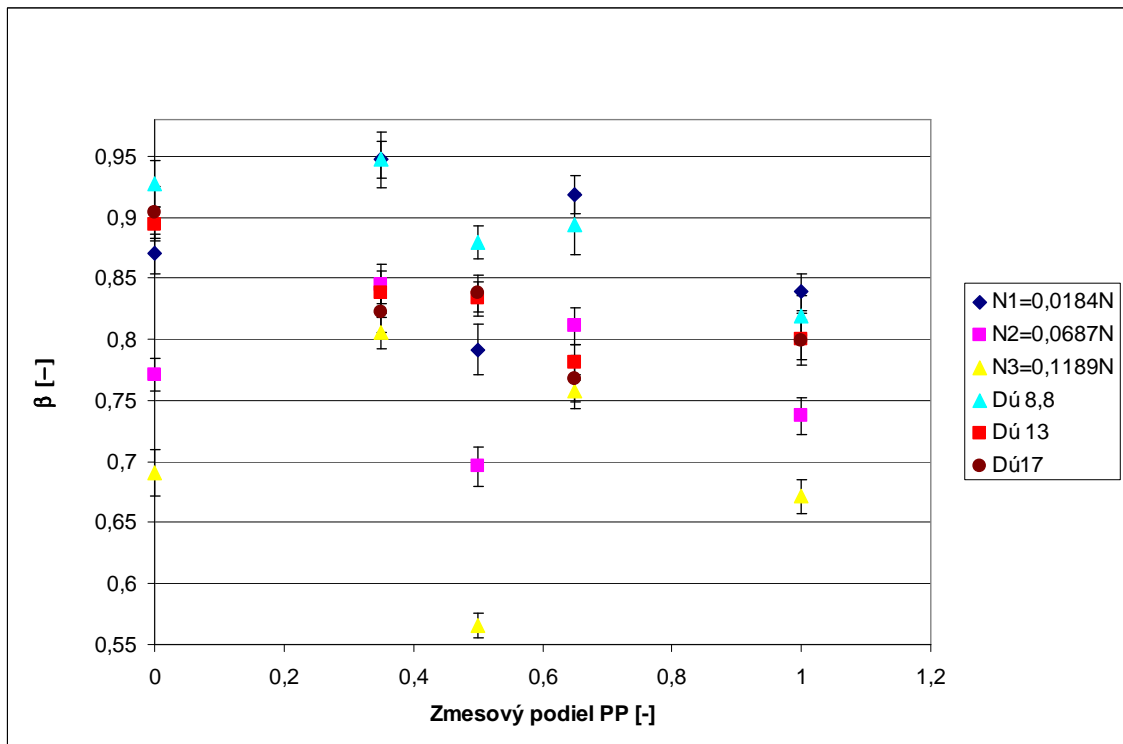
Obr. 13. Závislosť γ na podiele PP pri tkaninách s dostavou D_u 17 niti/cm



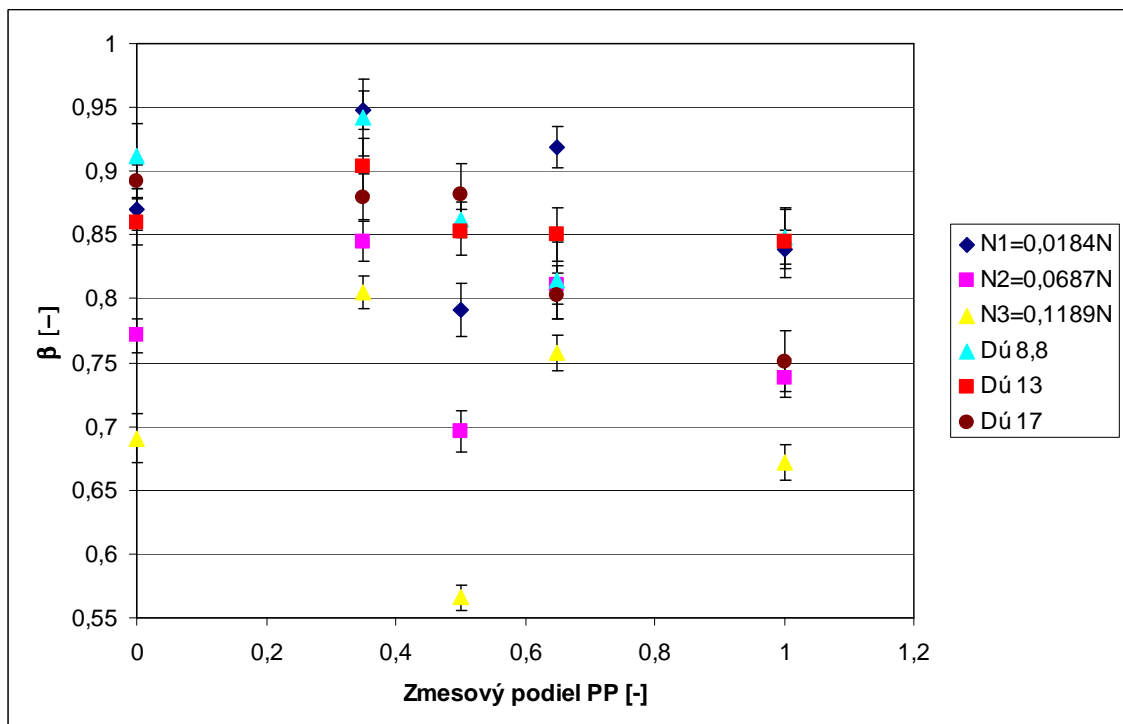
Obr. 14. Závislosť γ pre porovnanie osnovy na podiele PP



Obr. 15. Závislosť γ pre porovnanie útku na podiele PP



Obr. 16. Simulácia väzbového bodu v porovnaní s osnovou reálneho rezu tkanín



Obr. 17. Simulácia väzbového bodu v porovnaní s útkom reálneho rezu tkanín